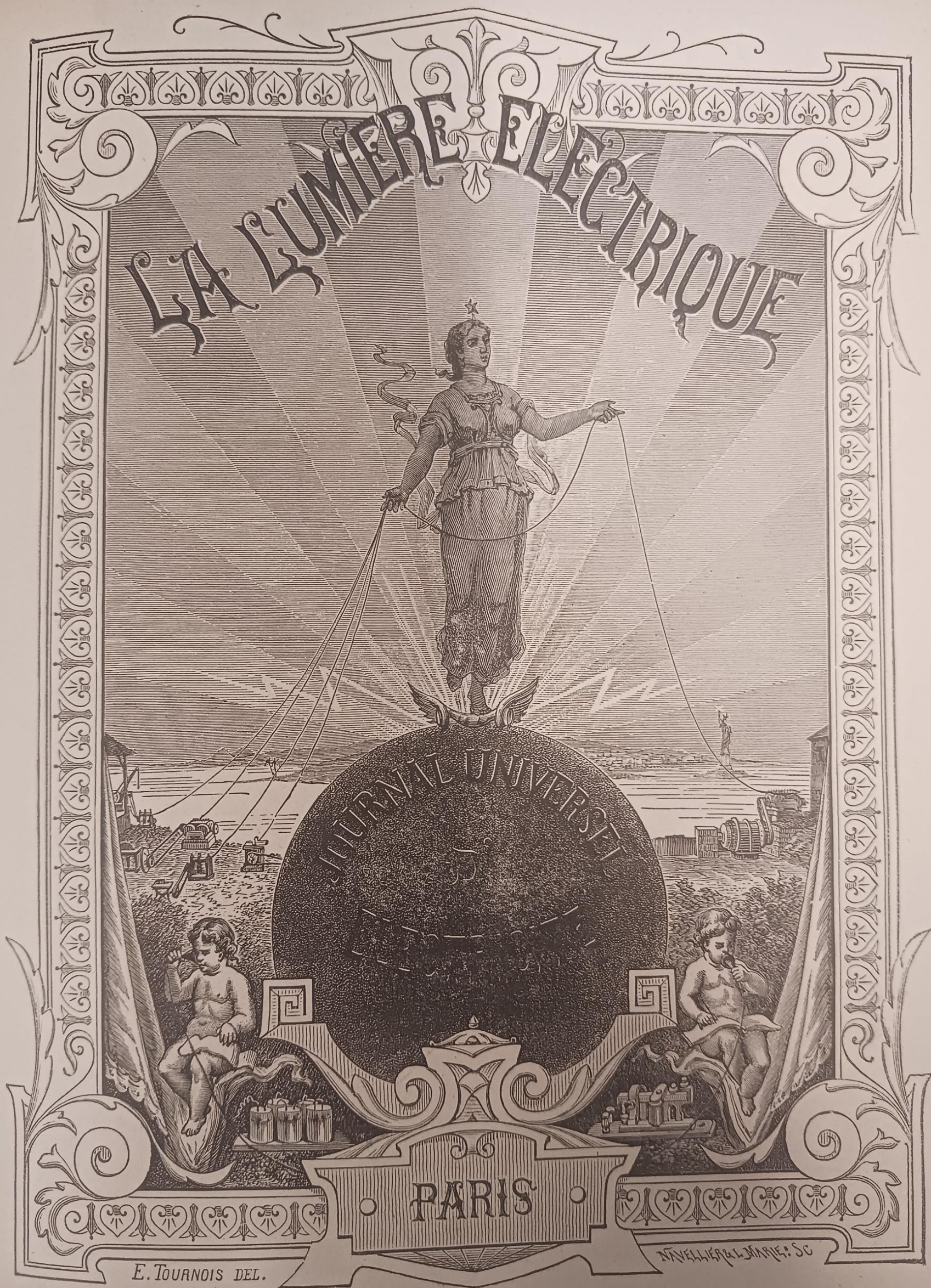




E. TOURNOIS DEL.

MAISON FONDÉE EN 1845

consomme trois. L'expérience a eu lieu en présence des principaux directeurs de la compagnie qui contrôle les patentes, ainsi que de quelques amis scientifiques de l'inventeur. Tous ont été enchantés du résultat.

Les progrès faits par Edison pendant les deux derniers mois sont très-remarquables. La lumière, au lieu d'être dans l'inaction, comme on le croyait généralement, s'est en réalité beaucoup développée. Le plus important des perfectionnements est celui qui se rattache à la bobine de platine et d'iridium. A l'aide d'une découverte, que les experts qui ont pu en juger déclarent avoir une grande importance scientifique, Edison a réussi à créer pratiquement un nouvel alliage, possédant des propriétés inconnues jusqu'ici. Son point de fusion est beaucoup plus élevé que celui de tout autre métal connu. Cette découverte a été d'un grand prix en ce qui touche à la lumière électrique. Jusqu'ici le meilleur résultat qu'avait pu obtenir l'inventeur par force de cheval était quatre lumières; mais, par l'emploi de ce nouvel alliage, il obtient maintenant facilement six lumières par puissance de cheval, et peut même, dans certaines conditions, arriver jusqu'à onze.

Une des principales difficultés qu'avait rencontrées Edison était l'absence d'un générateur convenable pour sa méthode particulière. Dans le cours de ses expériences avec la lumière il s'est servi de plusieurs générateurs, et en a construit deux ou trois de son invention, mais aucun de ces générateurs n'a répondu à son attente. Celui qui a donné les meilleurs résultats jusqu'ici est la machine Gramme; mais cette machine elle-même ne développe pas l'électricité avec une économie suffisante pour satisfaire Edison, bien qu'avec cette machine il ait obtenu, comme il a été dit plus haut, une intensité de six lumières par force de cheval. Il est persuadé qu'avant peu il parviendra à construire un générateur donnant de bien meilleurs résultats. Mais même avec la machine Gramme, toute imparfaite qu'elle soit sous bien des rapports pour l'éclairage incandescent, il fabrique la lumière au prix d'à peine un peu plus d'un sou par heure pour six lumières électriques.

Les ouvriers construisent actuellement un nouveau générateur, qui semble devoir donner de bien meilleurs résultats, au point de vue de l'économie.

Edison a imaginé, depuis qu'il a commencé ses recherches sur l'électricité, plus d'une vingtaine de lampes de divers types, mais il les a graduellement mises de côté les unes après les autres comme ne répondant pas à ses conceptions. Deux types restent maintenant en présence. Dans les deux il y a une petite chambre en verre à travers laquelle passe la petite bobine que l'électricité rend incandescente. Une de ces lampes ressemble à la lampe ordinaire de l'étudiant. L'autre est de forme globulaire et n'est guère plus belle. La construction essentielle de chacune de ces lampes est pratiquement la même, sauf quelques points de détail. Le régulateur, au moyen duquel l'électricité est détournée ou amenée, a été perfectionné.

Les récents perfectionnements réalisés par l'inventeur ont entraîné des changements notables relativement au prix de revient de la lumière électrique, comparé à celui du gaz.

Des essais avec les machines fournies par différents constructeurs et sous leur garantie ont démontré que le gaz doit être fabriqué et emmagasiné dans le gazomètre à quinze cents et demi par chaque mille pieds pour pouvoir lutter avec son système. Dans un des brûleurs électriques d'Edison, égal à seize bougies, il se consomme 2,560 livres pied par minute, tandis qu'un jet de gaz de puissance égale consomme 48,000 livres pied, ou dix-huit fois plus d'énergie pour produire le même effet que produit la lumière électrique. En d'autres termes, si l'on suppose que le gaz est fourni au taux de 2 dollars 25 par mille pieds, un débit de lumière électrique égal peut être fourni à 1 dollar, laissant à ce prix un beau profit à la compagnie d'électricité.

Parmi les expériences faites fréquemment dans ces derniers temps, dans le laboratoire Edison, il en est une qui montre la différence essentielle qui existe entre la lumière produite par le procédé au charbon, et celle qui est produite par l'incandescence. Au centre du laboratoire est suspendu au plafond, à l'aide de fils métalliques, un appareil à charbon, qui émet une lumière d'une force de 4,000 bougies. La nuit dernière les douze lumières incandescentes ont été souvent comparées avec cet appareil de manière à montrer les quantités relatives de lumière. La lumière au charbon ne paraissait pas donner plus de trois ou quatre fois autant de lumière que celle que donnent les lumières incandescentes. Ce qu'elle donnait, cependant, n'était pas tout à fait aussi efficace, au point de vue pratique, que les douze lumières incandescentes.

Au moyen de ces dernières, les ouvriers pouvaient accomplir leur travail avec autant de facilité qu'en plein jour. Les savants et experts qui assistaient aux essais se sont prononcés unanimement en faveur de l'incandescence.

Il ne manque plus que deux choses, dit Edison, pour que la lumière puisse être présentée au public. La première est la lampe, et la seconde un meilleur générateur que celui qui est maintenant employé. Ces deux conditions lui paraissent faciles à remplir. Il ne doute pas que l'électricité ne soit fournie à moitié moins cher que le gaz, mais il ne veut livrer son système que lorsqu'il sera complet, malgré les retards qui pourront en être la conséquence. Dans quelques semaines Edison éclairera à l'électricité sa villa de Menlo-Park.

REVUE DES SYSTÈMES

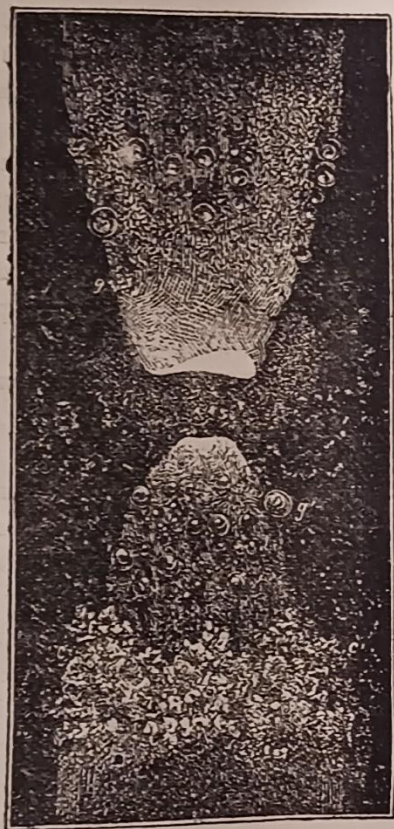
EXPÉRIMENTÉS PUBLIQUEMENT A PARIS

— SYSTÈME JABLOCHKOFF

La bougie Jablochkoff a provoqué, à Paris d'abord, un peu partout ensuite, un véritable mouvement en faveur de l'éclairage électrique. On lui doit incontestablement d'avoir fait passer la lumière électrique dans les applications courantes. Il est juste de lui réserver dans l'histoire des commencements du nouvel éclairage la place très-méritée à laquelle elle a droit

incontestablement. Depuis 1877 la place de l'Opéra, puis de grands magasins, l'avenue de l'Opéra, la place du Corps législatif, la place de l'Étoile, les cafés, les concerts, l'Hippodrome ont été splendidement illuminés avec la bougie Jablochkoff. Dans les annales de l'électricité c'est un fait sans précédents. Londres a suivi l'exemple de Paris. Le système Jablochkoff a eu la vogue pendant des mois. Et en effet, de prime abord, quoi de si simple et de si commode ? Plus de régulateurs, appareils d'horlogerie ou de précision, une sorte de bougie à mettre sur un support et la lumière jaillit avec éclat. Le progrès semblait évident au public et on a applaudi aux essais entrepris à Paris. La grande ville aura encore eu, grâce au système Jablochkoff, l'honneur de mettre la première en relief l'éclairage des places et des avenues à la lumière électrique.

Tout le monde n'a pas saisi du premier coup le méca-

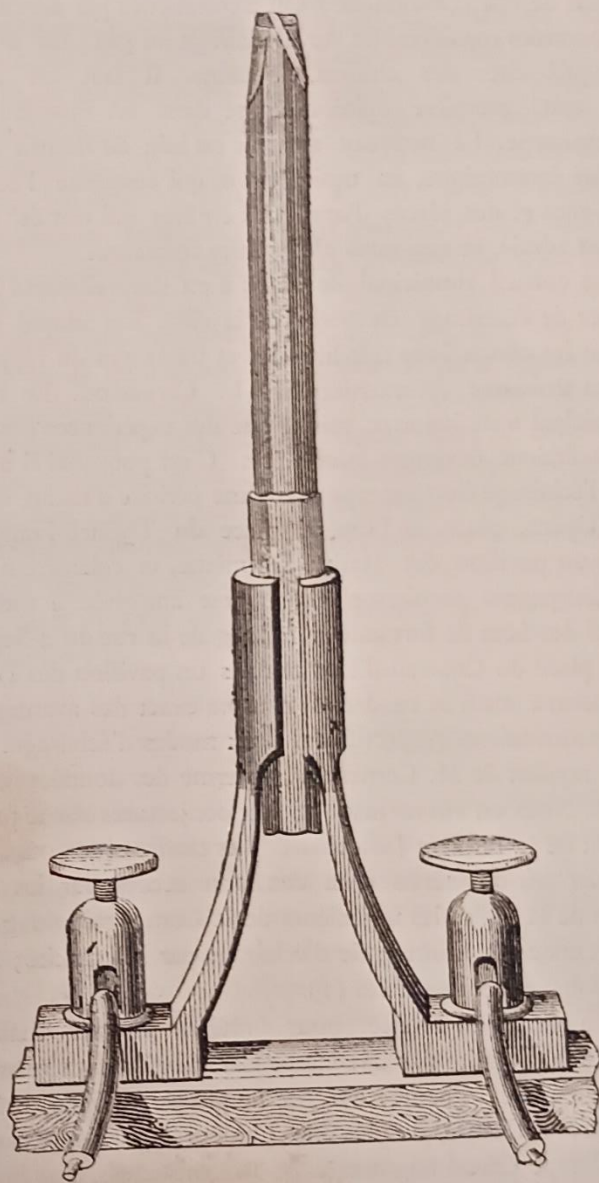


nisme du système Jablochkoff. On a été jusqu'à dire que des machines à vapeur faisaient tourner de gigantesques machines électriques à frottement et que c'est l'électricité ainsi produite qui éclatait en étincelles entre les charbons de la bougie. Il nous paraît bon de définir en quelques lignes le système dans son ensemble ; nous insisterons plus tard sur les détails.

Le fonctionnement du système Jablochkoff comporte : 1^o une machine à vapeur destinée à faire tourner des machines électro-magnétiques ; 2^o les machines électro-magnétiques ; 3^o les fils conducteurs de l'électricité ; 4^o le foyer, c'est-à-dire la bougie.

A Paris, notamment avenue de l'Opéra, on emploie une machine à vapeur de 20 chevaux pour illuminer 16 bougies. La force motrice actionne une machine Gramme dont les

courants excitent une seconde machine Gramme engendrant des courants alternatifs au taux de 4,810 courants inverses par minute. On emploie des courants alternatifs pour régulariser la combustion des deux charbons qui composent la bougie. Ces courants passent des générateurs dans les bougies par l'intermédiaire de conducteurs circulant sous le sol dans des tuyaux en poterie. Les conducteurs consistent en 7 fils de laiton noyés dans une composition de gutta-percha recouverte ensuite par du caoutchouc et par un tube imperméable. Quant aux bougies, elles ont déjà été décrites en

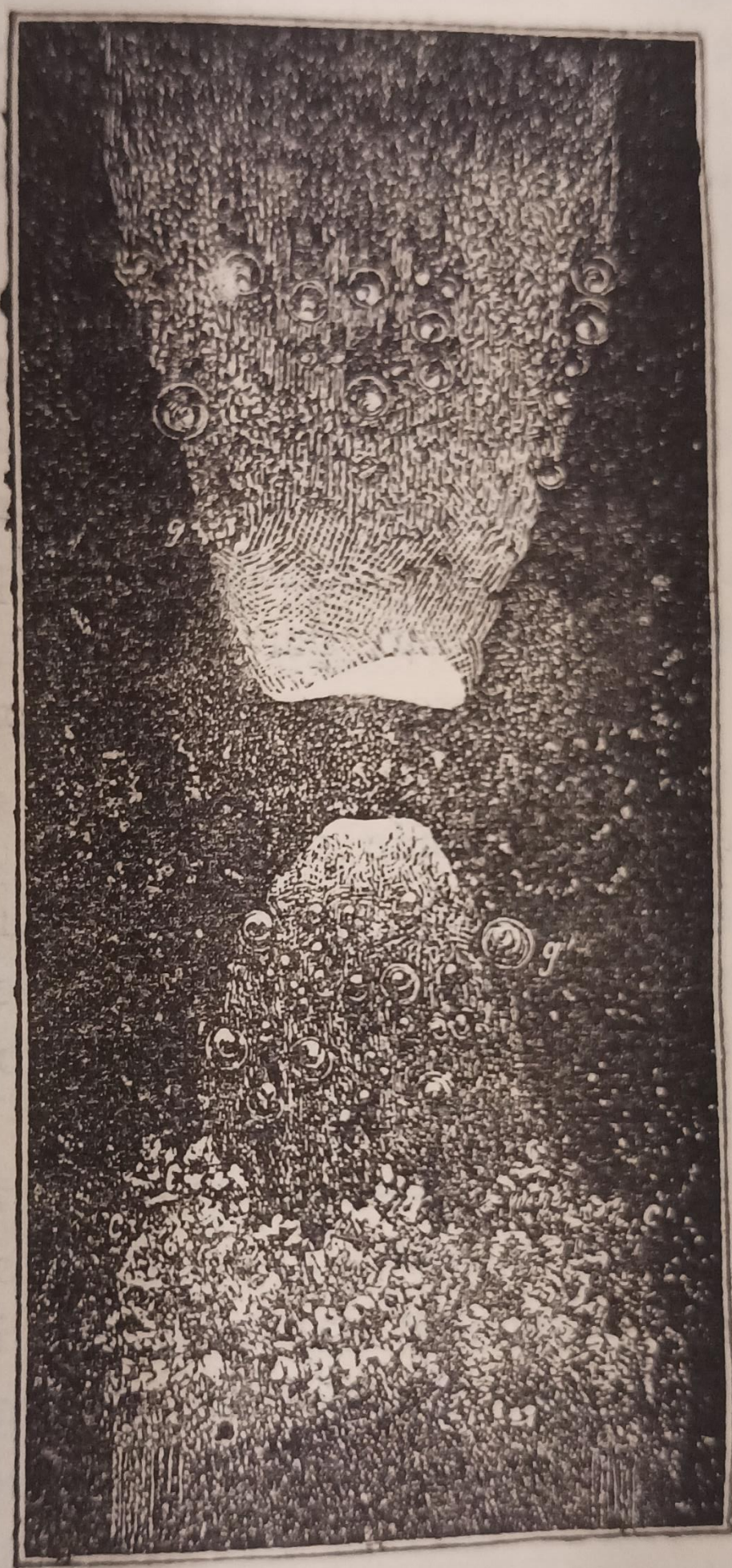


principe : ce sont deux petites lames de charbon préparé selon la méthode Carré juxtaposées à une languette intermédiaire faite de plâtre et de sulfate de baryte. On a reconnu récemment que la languette isolatrice n'avait pas de raison d'être ; on peut la supprimer avec avantage. Les courants arrivent à chaque charbon et l'arc éclate entre les extrémités supérieures. La bougie se consume de haut en bas.

Pour éclairer l'avenue de l'Opéra on a besoin de quatre groupes de moteurs et de machines électro-magnétiques. Chaque bec nécessite 1 cheval vapeur, 25 de force motrice. On le voit, toute l'originalité du système réside en somme dans la

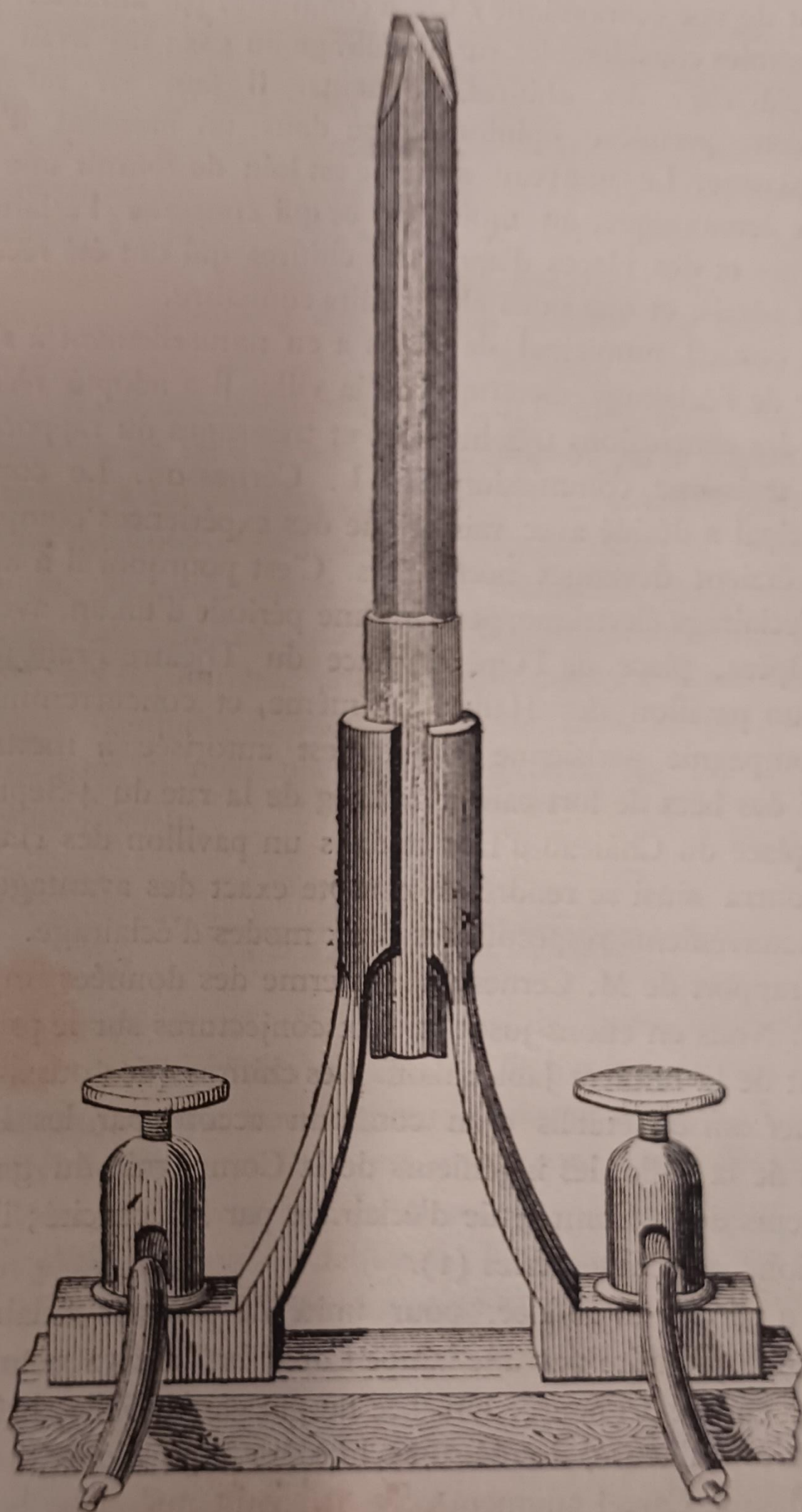
encore eu , grace au système Jablochkoff , l'honneur de mettre la première en relief l'éclairage des places et des avenues à la lumière électrique.

Tout le monde n'a pas saisi du premier coup le méca-



nisme du système Jablochkoff. On a été jusqu'à dire que des machines à vapeur faisaient tourner de gigantesques machines électriques à frottement et que c'est l'électricité ainsi produite qui éclatait en étincelles entre les charbons de la bougie. Il nous paraît bon de définir en quelques lignes le système dans son ensemble ; nous insisterons plus tard sur les détails.

recouverte ensuite par du caoutchouc et par un tube imper-
méable. Quant aux bougies, elles ont déjà été décrites en

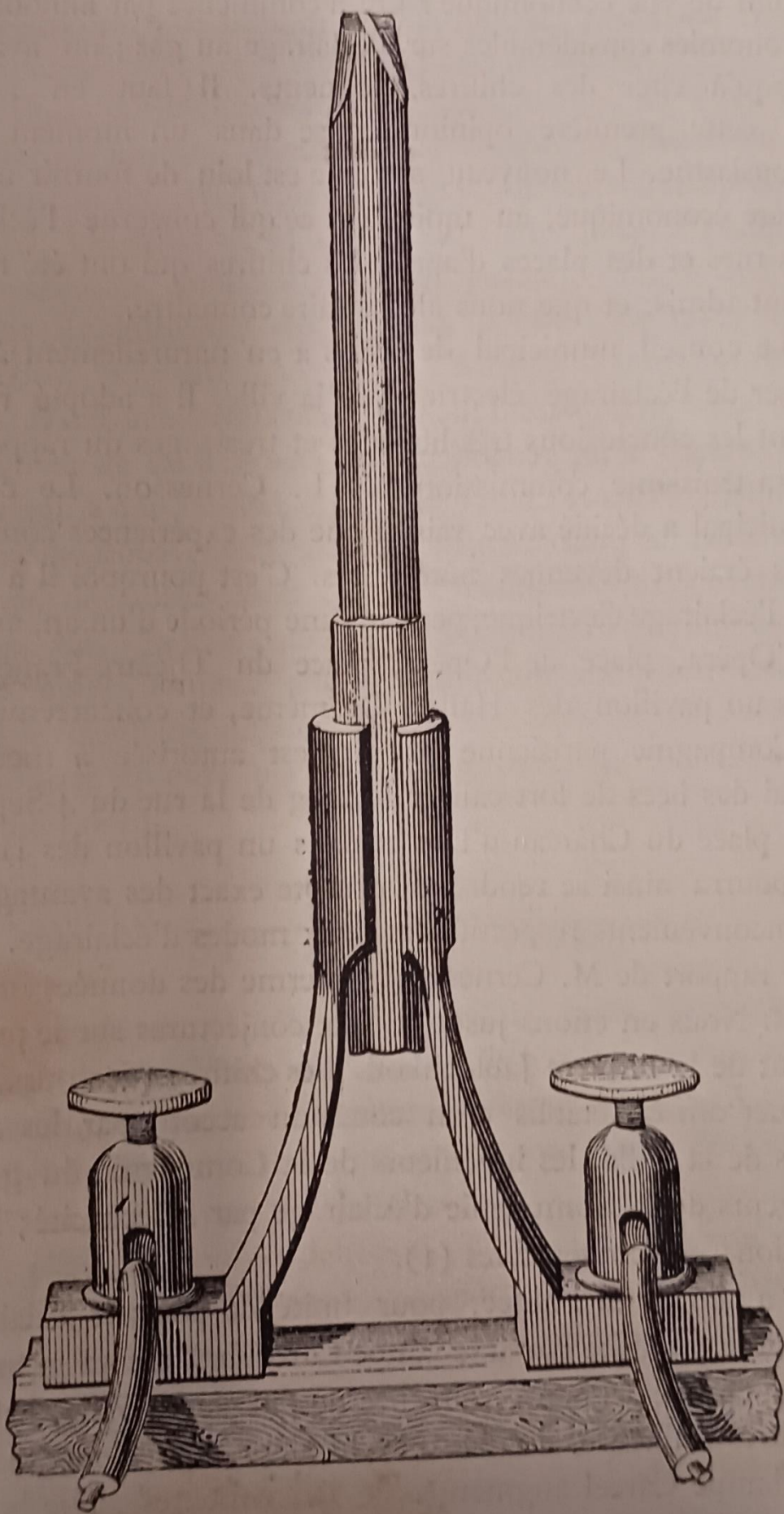


principe : ce sont deux petites lames de charbon préparé selon
la méthode Carré juxtaposées à une languette intermédiaire
faite de plâtre et de sulfate de baryte. On a reconnu récem-
ment que la languette isolatrice n'avait pas de raison d'être ;
on peut la supprimer avec avantage. Les courants arrivent à
chaque charbon et l'arc éclate entre les extrémités supérieures.
La bougie se consume de haut en bas.

Pour éclairer l'avenue de l'Opéra on a besoin de quatre
groupes de moteurs et de machines électro-magnétiques. Cha-
que bec nécessite 1 cheval vapeur, 25 de force motrice. On le

Opéra, puis
 ace du Corps
 oncerts, l'Hip-
 rec la bougie
 c'est un fait
 de Paris. Le
 s mois. Et en
 si commode ?
 précision, une
 lumière jaillit
 c et on a ap-
 de ville aura
 l'honneur de
 es et des ave-
 up le méca-

courants excitent une seconde machine Gramme engendrant
 des courants alternatifs au taux de 4,810 courants inverses
 par minute. On emploie des courants alternatifs pour régu-
 lariser la combustion des deux charbons qui composent la
 bougie. Ces courants passent des générateurs dans les bou-
 gies par l'intermédiaire de conducteurs circulant sous le sol
 dans des tuyaux en poterie. Les conducteurs consistent en
 7 fils de laiton noyés dans une composition de gutta-percha
 recouverte ensuite par du caoutchouc et par un tube imper-
 méable. Quant aux bougies, elles ont déjà été décrites en



u'à dire que
 gigantesques
 st l'électricité
 les charbons
 en quelques
 sisterons plus
 ff comporte :
 des machines
 magnétiques ;
 er, c'est-à-dire
 emploie une
 6 bougies

principe : ce sont deux petites lames de charbon préparé selon
 la méthode Carré juxtaposées à une languette intermédiaire
 faite de plâtre et de sulfate de baryte. On a reconnu récem-
 ment que la languette isolatrice n'avait pas de raison d'être ;
 on peut la supprimer avec avantage. Les courants arrivent à
 chaque charbon et l'arc éclate entre les extrémités supérieures.
 La bougie se consume de haut en bas.

Pour éclairer l'avenue de l'Opéra on a besoin de quatre
 groupes de moteurs et de machines électro-magnétiques. Cha-
 que bec nécessite 1 cheval vapeur, 25 de force motrice. On le
 réside en somme dans la

suppression des régulateurs et dans l'usage exclusif de charbons dont l'écartement uniforme est réglé de lui-même, sans appareil, par la position même qu'on leur a donnée. Tout le reste, machine génératrice d'électricité, conducteurs, est commun avec tous les systèmes.

La suppression de tout organe mécanique automoteur pour maintenir constante la distance uniforme entre les baguettes de charbon a fait la fortune du système Jablochhoff. La vogue l'a adopté.

Après cette description sommaire, il nous reste à examiner le point essentiel. Le système réalise-t-il un avantage au point de vue économique ? On a commencé par annoncer des économies considérables sur l'éclairage au gaz ; on avait été jusqu'à citer des chiffres éloquentes. Il faut en rabattre de cette première opinion émise dans un moment d'enthousiasme. Le nouveau système est loin de fournir une lumière économique, au moins en ce qui concerne l'éclairage des rues et des places d'après les chiffres qui ont été récemment admis, et que nous allons faire connaître.

Le conseil municipal de Paris a eu naturellement à s'occuper de l'éclairage électrique de la ville. Il a adopté récemment les conclusions très-libérales et très-sages du rapporteur de sa troisième commission, M. L. Cernesson. Le conseil municipal a décidé avec raison que des expériences comparatives étaient devenues nécessaires. C'est pourquoi il a autorisé l'éclairage électrique, pendant une période d'un an, avenue de l'Opéra, place de l'Opéra, place du Théâtre-Français et dans un pavillon des Halles. De même, et concurremment, la Compagnie parisienne du gaz est autorisée à mettre à l'essai des becs de fort calibre le long de la rue du 4-Septembre, place du Château-d'Eau et dans un pavillon des Halles. On pourra ainsi se rendre un compte exact des avantages et des inconvénients respectifs des deux modes d'éclairage.

Le rapport de M. Cernesson renferme des données importantes. Nous en étions jusqu'ici aux conjectures sur le prix de revient de la lumière Jablochhoff. Les chiffres que nous allons indiquer ont été établis d'un commun accord par les ingénieurs de la Ville, les ingénieurs de la Compagnie du gaz et les agents de la Compagnie d'éclairage par l'électricité ; ils ne sont donc pas contestables (1).

On a adopté en France, pour unité de pouvoir éclairant, la lumière produite par une lampe Carcel brûlant 42 grammes d'huile épurée à l'heure. Un bec de gaz de la Ville, brûlant 140 litres à l'heure, donne une lumière équivalente à celle d'une lampe Carcel augmentée de 10 centièmes. Une bougie électrique brûlant à feu nu équivaut en général à 30 becs Carcel. Mais comme il faut tamiser la lumière avec un globe opalin, le pouvoir éclairant se trouve par cela même très-réduit. Il est ramené à 18 ou 20 Carcel pour la lumière mesurée suivant l'horizontale passant par le foyer et à 12 Carcel 10 pour l'éclairage mesuré suivant les rayons obliques lumineux tombant sur le sol (2).

(1) Ces documents ont été empruntés par M. Cernesson aux rapports de MM. Lévy, ingénieur ordinaire de la 1^{re} section municipale, Allard et de Fontange, ingénieurs en chef ; T. Leblanc, vérificateur du gaz.

(2) On sait que les becs électriques sont placés à environ 4 mètres au-dessus du sol.

Un bec électrique n'en équivaut pas moins à 11 becs de gaz, dits « becs de ville ».

Le prix de revient par heure a été établi comme il suit, par M. l'ingénieur Lévy, pour les 62 foyers de l'avenue de l'Opéra.

Force motrice.....	3 fr. 20 c.
Charbon pour alimenter la machine	
motrice.....	6 64
Huile pour graissage.....	1 23
Journées des surveillants.....	3 20
62 bougies à 50 c.....	31 »
Total.....	42 fr. 27 c.

Soit, par conséquent, par bec et par heure, 0 fr. 73 dans l'état présent.

D'un côté, à lumière égale, la dépense est de 0 fr. 73 et, de l'autre, de 0 fr. 23. La distance est encore grande, comme on le voit, entre le prix de revient des deux modes d'éclairage (1).

Il est vrai qu'il est permis d'espérer que l'on diminuera les dépenses afférentes à la force motrice, si l'on découvre des machines génératrices d'électricité plus puissantes. On parle de réduire la force motrice par bec dans les proportions du simple au double. D'autre part, les charbons sont vendus par le fabricant 0 fr. 50, prix très-rémunérateur. Admettons une réduction de moitié sur les charbons, de moitié sur la force motrice ; dans ce cas encore, la dépense serait, pour les 62 foyers de l'avenue de l'Opéra, d'environ 25 francs, soit de 0 fr. 40 par bec, sans tenir compte de l'intérêt et de l'amortissement et d'environ 0 fr. 50 dans cette dernière hypothèse.

Le défaut du système réside surtout en ce moment dans l'extinction de la plus grande quantité de lumière produite par le globe opalin. Le globe interposé fait descendre, nous l'avons vu, l'intensité lumineuse de 30 à 20. De plus, les bougies sont placées à 4 mètres de hauteur, aussi perd-on beaucoup de lumière. Il n'existe pas de réflecteur. L'intensité lumineuse sur le sol est réduite à 11 ou 12 becs Carcel. Il y a là un vice d'application qui est assez difficile à tourner, lorsqu'on emploie des foyers isolés à grande intensité lumineuse. Cependant on peut espérer diminuer la perte de lumière, en utilisant les nouveaux globes à double enveloppe de M. Clémendot. L'espace vide est rempli d'une ouate de verre très fine et très floconneuse. La lumière se tamise à travers le nuage léger et se diffuse avec une perte moins grande que dans les globes opalisés au fluorure de calcium.

(1) Le conseil municipal a décidé que, dans les essais qui vont avoir lieu, on payerait à la Compagnie d'électricité le bec électrique eu égard à la quantité de lumière fournie comparée à celle du gaz ; soit pour chaque bougie équivalente à 11 becs, et pour tenir compte de différentes circonstances difficiles à apprécier, 0 fr. 30. Le nombre des bougies avenue de l'Opéra, place de l'Opéra, Bastille et Halles, sera de 83. La dépense par heure sera de 24 fr. 90. De la fin du jour à minuit, pendant l'année, on compte 2,073 heures d'éclairage pour les localités désignées, sauf les Halles ; soit 47,886 fr. 30. Pour les Halles, l'éclairage aura lieu toute la nuit, soit 4,000 heures. Dépense, 7,300 francs. Total, 55,086 fr. 30. Le gaz ne coûte en ce moment que 21,041 francs. L'excédant de dépense sera donc de 34,044 francs. D'autre part, le conseil n'a pas jugé qu'il y eût lieu de payer l'excédant du gaz qui serait brûlé pendant les essais au prix de 0 fr. 15, prix fixé par le traité avec la Compagnie du gaz. Comme il ne s'agit que d'expériences comparatives, la Compagnie du gaz a consenti à ne faire payer à la Ville aucun excédant de prix.

On voit, en définitive, que la bougie Jablochkoff ne donne pas encore tout ce qu'elle avait promis. Elle est très commode à employer dans beaucoup de circonstances. Sa simplicité même la recommande pour les illuminations, pour les fêtes, pour un éclairage de luxe et dans certaines autres applications spéciales. Malheureusement, nous le répétons, le système est coûteux, et on ne résout ainsi qu'imparfaitement le problème de la divisibilité de la lumière.

SYSTÈME LONTIN

La Compagnie du chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée continue les essais préliminaires du système Lontin pour l'éclairage de la gare de Paris.

On se rappelle les essais faits il y a quelques années et qui avaient semblé montrer la possibilité de diviser la lumière dans de certaines limites et de placer un certain nombre de lampes dans le même circuit.

Il s'était fait un certain bruit autour de ces tentatives ; puis, à la suite d'expériences, ou mal faites ou mal comprises, la faveur publique s'était tournée d'un autre côté. Aujourd'hui une grande administration revient au système Lontin ; il convient donc de mettre sous les yeux de nos lecteurs, en attendant le résultat d'expériences définitives, les caractéristiques du système. Il ne faut pas oublier que M. Lontin a réuni un générateur d'électricité nouveau et une lampe qui n'est qu'une modification du régulateur Serrin, mais une modification de telle nature qu'elle a permis de faire fonctionner plusieurs foyers de lumière sur un seul circuit.

Le générateur d'électricité sera décrit ultérieurement dans ce journal avec tous les détails nécessaires. Il nous suffira de dire que ce générateur se divise en deux machines. La première est une machine dynamo-électrique qui, par la rotation, produit un courant continu et direct. Ce courant sert à amorcer une machine à lumière qui se compose d'un tambour inducteur tournant dans un anneau de fer qui porte les pelotons de fil à induire. Ces pelotons sont indépendants les uns des autres et donnent naissance chacun à des courants égaux et successivement alternés. Il est dès lors possible de coupler ces bobines à induire, suivant que l'on veut obtenir des effets de tension ou de quantité.

Le premier but que M. Lontin s'était proposé était, en adoptant cette disposition, de réunir un certain nombre de bobines en tension, et de diviser la couronne induite en autant de secteurs qu'il y avait de circuits et de lampes à allumer.

Mais il s'est trouvé que le problème de la divisibilité a été plus simplement résolu par une modification faite par M. Lontin aux régulateurs habituellement employés. On sait que, dans le régulateur Serrin, un électro-aimant, actionné par le courant, est chargé d'éloigner les charbons et de les maintenir à une certaine distance fixe.

M. Lontin, au lieu de placer son électro-aimant dans le circuit même, le construit en fil très-fin et très-résistant, et le met en dérivation. Il en résulte qu'au moment où on établit le courant, l'électro-aimant devient actif, son armature déclan-

che le mécanisme, les charbons se rapprochent et viennent au contact. Le courant passe et la lampe s'allume ; mais alors le solénoïde est inactif, à cause de sa grande résistance, et l'armature de l'électro-aimant, sollicitée par un ressort antagoniste, arrête le mouvement et ne pourra se déplacer que lorsque, par suite de l'usure des charbons, la résistance de l'arc voltaïque deviendra assez grande pour que le courant, en vertu des lois sur les courants dérivés, passe en partie par le solénoïde et l'active assez pour attirer l'armature et déclencher de nouveau le mouvement.

Il s'établit ainsi, entre la résistance de l'arc voltaïque et la résistance de l'électro-aimant, une espèce d'équilibre constamment rompu et constamment rétabli, qui maintient les charbons au même point et à un écartement invariable.

En faisant des expériences avec cette lampe, on a remarqué que l'on pouvait, dans certaines conditions, placer sur le même circuit un certain nombre de régulateurs fonctionnant ensemble. On serait arrivé ainsi à en mettre jusqu'à 12, dans les expériences comparatives faites pendant l'Exposition au pavillon du Ministère des travaux publics. Le générateur d'électricité était une machine de l'Alliance à courants alternatifs. Dans ces conditions, les 12 lampes donnaient une lumière totale de 228 becs. En ne plaçant que 6 régulateurs, on arrivait à une lumière totale de 1,414 becs. On a pu ainsi éteindre successivement une ou plusieurs lampes du circuit sans que les autres aient cessé de fonctionner avec le même réglage. Ces résultats paraissent assez importants pour attirer l'attention ; mais nous croyons qu'il convient d'attendre les résultats définitifs donnés par l'installation de la gare de Lyon pour émettre une opinion certaine sur la valeur du système Lontin.

SYSTÈME REYNIER

La lampe de M. Reynier emploie deux électrodes de charbon de différentes dimensions, l'électrode inférieure a la forme d'un disque pouvant tourner autour d'un axe horizontal ; l'électrode supérieure est un crayon mince de charbon qui vient s'appuyer sur la circonférence du disque en un point placé un peu en dehors de la verticale de son centre. Un frein convenable tend à empêcher que les charbons se séparent et maintient, autant que possible, un contact continu. La lumière est donc obtenue sans arc voltaïque, par la seule incandescence. C'est, du moins, l'intention de l'inventeur. Lorsque l'électrode supérieure s'use, elle descend en faisant tourner le disque inférieur, et ce mouvement débarrasse l'appareil des cendres qui pourraient s'accumuler. On a pu voir cette lampe fonctionner dans les ateliers de MM. Mignon et Rouart et ceux de M. Breguet.

SYSTÈME WERDERMANN

Un nouveau système, dont on parle beaucoup à Londres, la lampe Werdermann, a déjà été expérimenté au palais du Lord Maire dans la rue Victoria, et à Euston Road. Des



La
mière
riquet
879.

LA
LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

JOURNAL UNIVERSEL D'ÉLECTRICITÉ

Revue Scientifique Illustrée

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ
LUMIÈRE ÉLECTRIQUE — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE
SCIENCE ÉLECTRIQUE, ETC.

PREMIER VOLUME

PARIS
AUX BUREAUX DU JOURNAL

22 — Place Vendôme — 22

1879

produits, mais encore les temps d'arrêt des convois aux stations ou sur la ligne; il permet, de plus, d'entrer en correspondance avec les stations ou avec les gardes de la voie, en cas d'encombrement ou d'accident.

Aux points de croisement des lignes, des dispositions spéciales permettent de faire en sorte qu'il ne s'engage pas plus d'un train à la fois sur un espace donné, et d'indiquer la voie par laquelle les signaux reçus sur l'appareil d'alarme ont été transmis.

Les systèmes les plus récents sont ceux qui ont été présentés depuis l'année 1878 par MM. Brunius et de la Tour Dubreuil. Le premier figurait dans la section suédoise à l'exposition de 1878. C'était exactement la répétition de mon système tel que je l'avais exposé en 1854, seulement les interrupteurs kilométriques, au lieu d'être disposés par terre entre les rails devaient être suspendus au-dessus des wagons par l'intermédiaire de fortes potences, et les frotteurs se trouvaient alors placés sur le toit des wagons eux-mêmes. Il est certain que cette disposition est fort peu pratique, et elle avait été d'ailleurs indiquée par la plupart de ceux qui se sont occupés de cette question. Par ce système comme par le mien, la marche des différents convois se trouvait indiquée sur un compteur placé aux stations, et, pour un rapprochement trop grand des organes indicateurs, un avertissement se trouvait envoyé aux deux convois au moment de leur passage sur les prochains interrupteurs qu'il devaient rencontrer. Aucun progrès, d'ailleurs, n'était réalisé sur les dispositions d'appareils que j'ai décrites dans mon ouvrage sur les Applications de l'électricité.

Le système de M. de la Tour Dubreuil a été breveté en avril 1879, et il est toujours fondé sur le même principe que les précédents; seulement il emploie 3 circuits différents, et par conséquent 3 systèmes de frotteurs. Les avertissements sont donnés d'ailleurs par 3 sonneries électriques ordinaires, et, pour obtenir une correspondance, le convoi doit être placé de manière à établir le contact des frotteurs avec les interrupteurs. Alors les dépêches sont échangées par les appareils télégraphiques, comme je l'avais indiqué moi-même. Dans ce système, les avertissements ne sont pas donnés automatiquement, ils sont envoyés des stations, et, suivant que le convoi doit reculer ou avancer, le mécanicien est prévenu par l'une ou l'autre des sonneries qui correspondent aux circuits dont il a été question; M. de la Tour Dubreuil ne donne du reste dans son brevet que très-peu de détails sur le mode de fonctionnement de son système.

Pour compléter cet article déjà bien long, je devrais encore signaler le *Block-system automatique* de M. Ceradini, qui, d'après une décision de l'administration des chemins de fer de la ville d'Italie, est en cours d'établissement sur la ligne de Gênes-Spezia et qui a été expérimenté l'année dernière avec un plein succès sur la ligne de Milan-Corsico. Nous en donnerons une description détaillée dans notre prochain numéro. Nous devons encore mentionner une autre application qui a été brevetée en Angleterre par M. F. M. Rogers et laquelle le *Telegraphic Journal* du 1^{er} octobre a donné quelques indications intéressantes. C'est une sorte de cadran

indicateur des stations qui se trouve installé dans chaque compartiment des wagons et dont l'aiguille indicatrice se trouve portée électriquement sur le nom de telle ou telle station au moment où le convoi y arrive. De cette manière on pourra éviter ces appels si ennuyeux et généralement si mal prononcés qui ont induit souvent en erreur les voyageurs; et pour les chemins de fer à arrêts très-courts, comme le chemin de fer métropolitain de Londres, ce système pourra rendre de grands services. Ce sera encore une application heureuse des communications électriques établies d'un bout à l'autre des convois et dont nous avons parlé dans notre dernier article.

Il y a encore beaucoup d'autres systèmes de ce genre, entre autres celui de MM. Flouron et Gros, dont nous ne parlerons pas en raison de leur peu d'importance; nous croyons en avoir assez dit sur cette question pour que l'on soit convaincu que, du moment où les compagnies de chemins de fer entreront dans cette voie, elles trouveront toujours, le moyen de résoudre d'une manière plus ou moins satisfaisante le grand problème de la sécurité des chemins de fer.

TH. DU MONCEL.

EXPÉRIENCES DE M. R. COULON

SUR LE CONDENSATEUR CHANTANT

(Deuxième article)

Dans un précédent numéro (15 septembre) j'ai dit comment M. Coulon, voulant se rendre compte de l'origine des sons dans le téléphone, fut conduit à étudier particulièrement le condensateur chantant. Parmi les ingénieuses expériences que ce savant habile réalisa dans le cours de ce travail, j'ai rappelé celles où M. Coulon, ayant réduit le condensateur à sa plus simple expression, c'est-à-dire à deux pointes séparées par une lame d'air, vit les vibrations sonores se manifester entre ces électrodes sous forme d'aigrettes lumineuses variant avec le son lui-même. Il tira naturellement de là l'idée de nouvelles expériences où le son pourrait être étudié sous cette forme visible, bien plus facilement observable.

L'idée de suivre des vibrations données à l'aide de la lumière, n'est pas neuve en elle-même. Presque toutes les études acoustiques des derniers temps reposent sur l'emploi de ce procédé. Ce serait reprendre tout à fait l'histoire récente de cette branche de la science que de dire l'origine et le développement de cette méthode. Il n'entre point dans notre cadre de le faire; citons en passant, presque au hasard, les belles expériences sur les figures sonores de M. Lissajous, les études sur les verges vibrantes de Wheatstone et surtout les expériences entreprises par M. Henry Edmunds avec un appareil auquel il avait donné le nom de phonéidoscope.

Le procédé électrique employé par M. Coulon n'est pas non plus nouveau, et il prend soin d'en avertir.

Il y a assez longtemps déjà qu'on a employé les tubes de

Geissler et les illuminations rapides qu'y produit le passage de l'étincelle d'induction, pour manifester les vibrations sonores. Je ne sais à qui il faut attribuer la première invention de cette expérience, mais voici comment on la dispose habituellement.



Fig. 1.

Prenant une petite bobine d'induction on place sur le circuit primaire un interrupteur de Reiss (on trouvera dans l'article cité plus haut la description rapide de cet instrument). Sur le circuit secondaire est placé un tube de Geissler, mis en mouvement de rotation par un petit moteur;

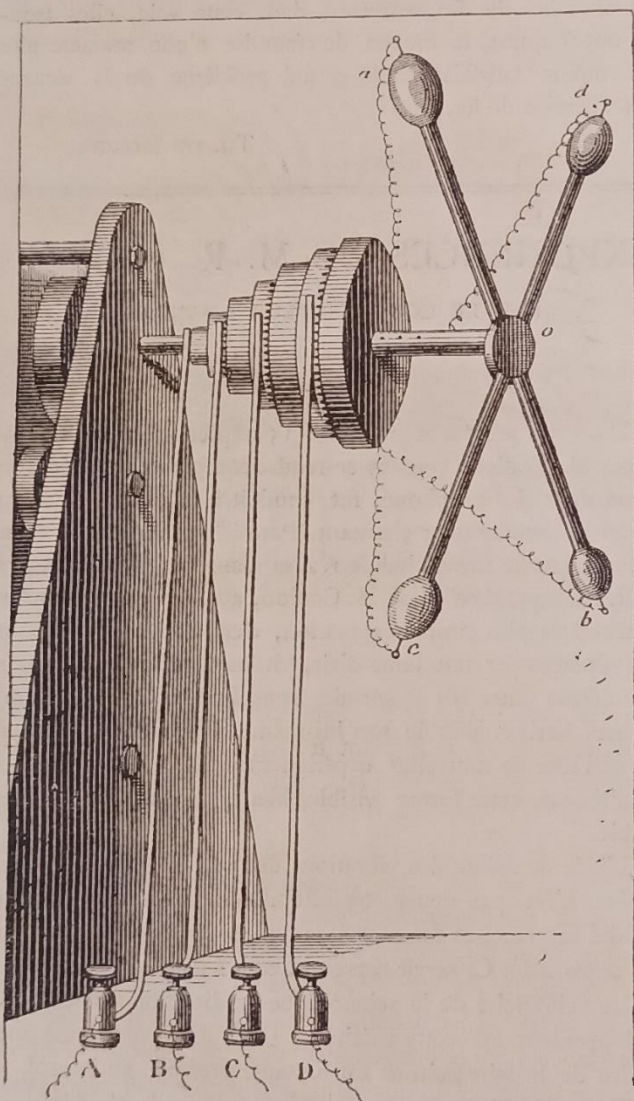


Fig. 2.

c'est la disposition que l'on voit si communément chez les fabricants d'instruments ou de jouets scientifiques. Si l'on émet une note dans l'interrupteur, chacune de ses vibrations interrompt le circuit, envoie une étincelle d'induction dans le tube et y produit un éclair. Ces lueurs très-rapprochées, ré-

parties à intervalles égaux dans la rotation régulière du tube, y forment une figure lumineuse dépendant de leur nombre; en sorte que, la note changeant, la figure change, et chaque son est ainsi caractérisé par une sorte de fleur lumineuse différente. Cette très-jolie expérience était bien connue et restait à l'état de gracieuse démonstration plutôt que de mode d'ob-

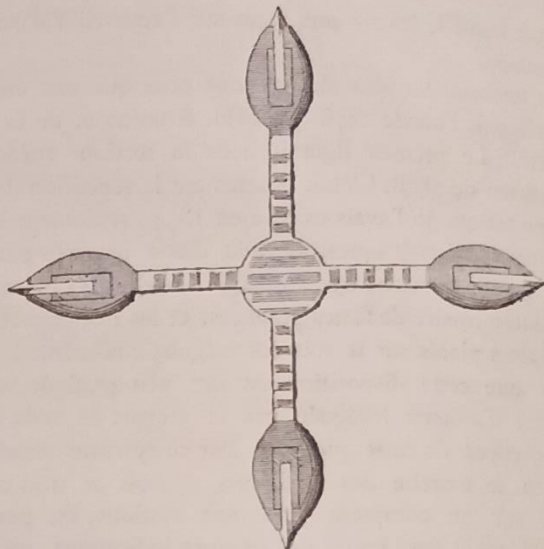


Fig. 3.

servation. Elle n'offre pas de difficultés sérieuses. On a pu dernièrement la réaliser en employant comme interrupteur un téléphone de Gower, actionné à distance par un interrupteur de Reiss; les vibrations du diaphragme de cet excellent instrument sont assez puissantes pour produire les interruptions.

M. Coulon a introduit là l'esprit de méthode scientifique et

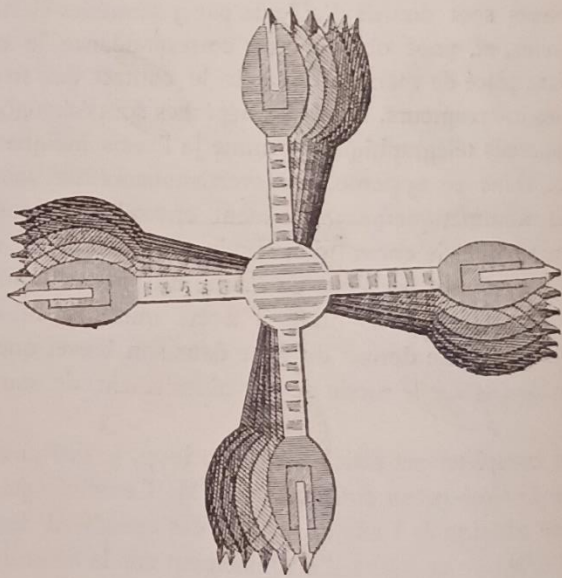


Fig. 4.

les procédés précis qui ont distingué toute cette série d'excellentes études expérimentales.

Voulant étudier le condensateur, c'est lui qui servira d'interrupteur et sera placé sur le circuit primaire; il reste à trouver le moyen de distinguer les diverses figures lumineuses, de s'assurer de l'individualité de chacune. A cet effet, il em-

ploya une méthode, indiquée déjà par Savard, si je ne me trompe, précisément pour des études d'acoustique lumineuse, et que je vais essayer d'indiquer rapidement. Devant une roue fixe, Savard faisait tourner rapidement une roue pareille; il éclairait cet ensemble par des lueurs instantanées et se succédant à intervalles égaux. Supposons que les deux roues aient

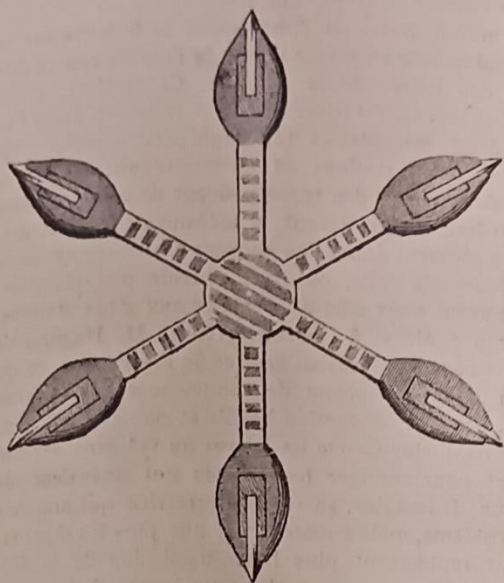


Fig. 5.

six rayons et qu'il y ait juste six éclats de lumière par tour, l'éclairage aura toujours lieu lorsque les rayons de la roue mobile seront devant ceux de la roue fixe; alors, pour l'observateur : le mouvement ne pourra être vu, la roue paraîtra immobile devant l'autre.

Supposons au contraire qu'il n'y ait que cinq éclats de lu-

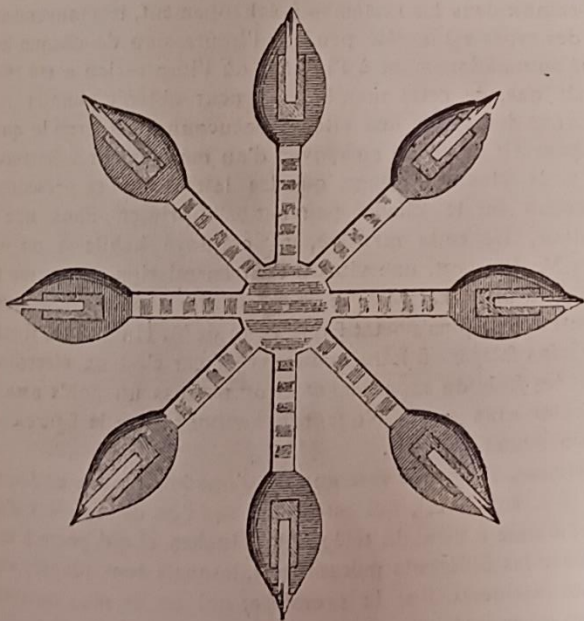


Fig. 6.

mière par tour : au premier éclat on verra une roue dont les rayons seront en avant de $\frac{1}{5}$ d'intervalle sur la roue fixe; au second éclat leur avance sera de $\frac{2}{5}$ et ainsi de suite jusqu'au cinquième éclat où ils coïncideront de nouveau; l'œil verra

alors une roue tournant lentement, et avançant de l'intervalle de deux rayons, c'est-à-dire $\frac{1}{6}$ de tour pendant que la vraie roue tournera 5 fois. Ces apparences seront naturellement les mêmes si la roue de derrière au lieu d'être fixe est aussi en mouvement; les éclats marqueront alors les coïncidences des rayons ou leur différence de distance, suivant la périodicité de l'éclairage.

Pour réaliser ces deux roues tournantes, M. Coulon fixe l'un sur l'autre à angle droit deux tubes de Geissler, et pour éviter toute confusion une moitié des deux tubes est noircie, l'autre devant seule être lumineuse, comme l'indique la figure 1. Ces deux tubes sont attachés à un appareil tournant, comme on le voit figure 2. et le système est entraîné dans une rotation rapide rendue aussi régulière que possible. M. Coulon a employé pour atteindre cette régularité, diverses dispositions ingénieuses sur lesquelles il nous faut passer.

Ces deux tubes ainsi solidaires dans leur rotation ne le sont absolument qu'en cela : électriquement, ils sont tout à fait

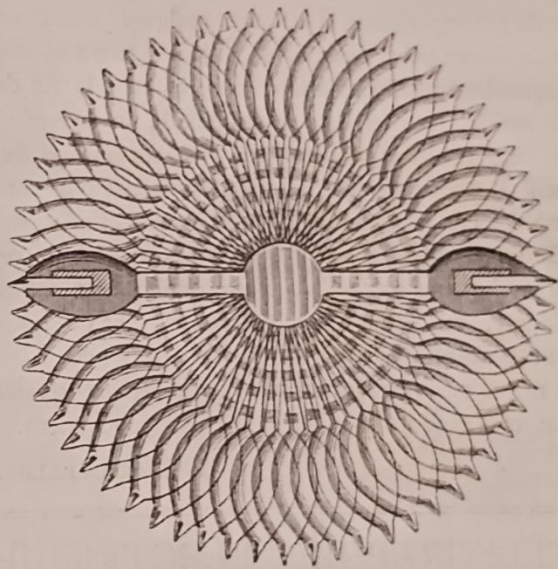


Fig. 7.

indépendants. A cet effet les communications électriques sont faites par des galets formant frottoirs et isolés les uns des autres. L'appareil présente la disposition indiquée (fig. 2).

Chacun des tubes a sa bobine d'induction. Sur le circuit inducteur de la première, est placé un diapason électrique donnant un son déterminé et toujours le même qui sert d'interrupteur; il enverra donc dans le tube qui lui est lié un nombre connu d'étincelles par seconde et par tour, produisant ainsi une figure lumineuse fixe. C'est au fond, la roue immobile de Savard. Le deuxième tube est celui qui reçoit les étincelles lancées par le condensateur chantant intercalé dans son circuit primaire, et donne des figures lumineuses dépendantes des sons émis; la différence sera indiquée par la coïncidence des éclats avec ceux de la figure placée derrière, et la moindre différence sera accusée.

En effet, si l'on émet dans le condensateur une note qui soit à l'unisson exact de celle qui est produite par le diapason, on voit, comme dans la figure 3, une croix lumineuse



Fig. 1.

Prenant une petite bobine d'induction on place sur le circuit primaire un interrupteur de Reiss (on trouvera dans l'article cité plus haut la description rapide de cet instrument). Sur le circuit secondaire est placé un tube de Geissler, mis en mouvement de rotation par un petit moteur;

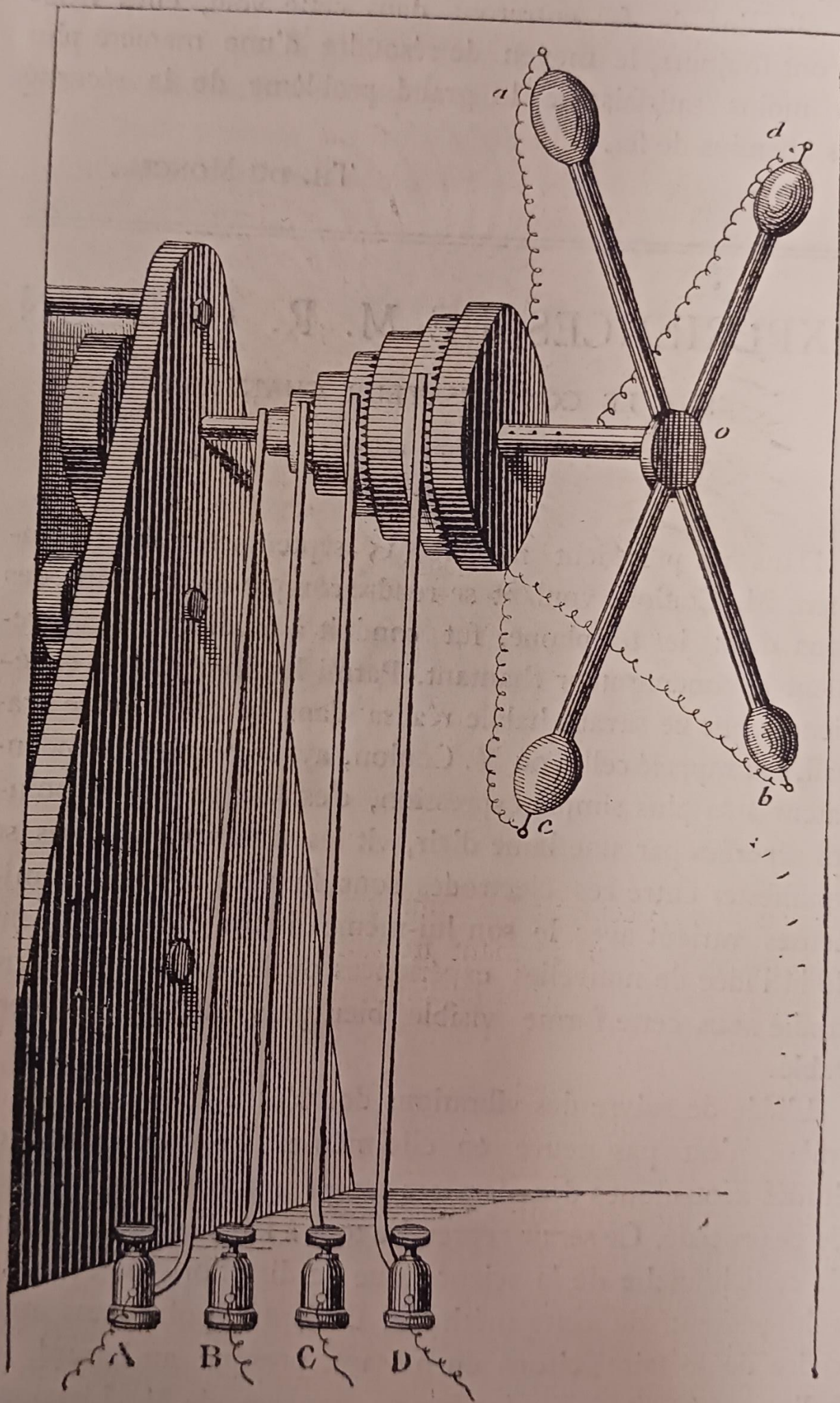


Fig. 2.

c'est la disposition que l'on voit si communément chez les fabricants d'instruments ou de jouets scientifiques. Si l'on émet une note dans l'interrupteur, chacune de ses vibrations interrompt le circuit, envoie une étincelle d'induction dans le tube et y produit un éclair. Ces lueurs très rapprochées, ré-

servation
dernière
un téléph
teur de l
instrume
tions.

M. Co

les procé
lentes étu
Voulant
interrupteur
ver le moy
de s'assure

Geissler et les illuminations rapides qu'y produit le passage de l'étincelle d'induction, pour manifester les vibrations sonores. Je ne sais à qui il faut attribuer la première invention de cette expérience, mais voici comment on la dispose habituellement.

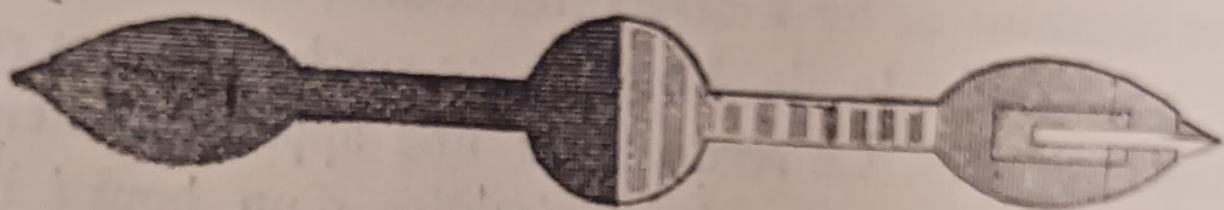
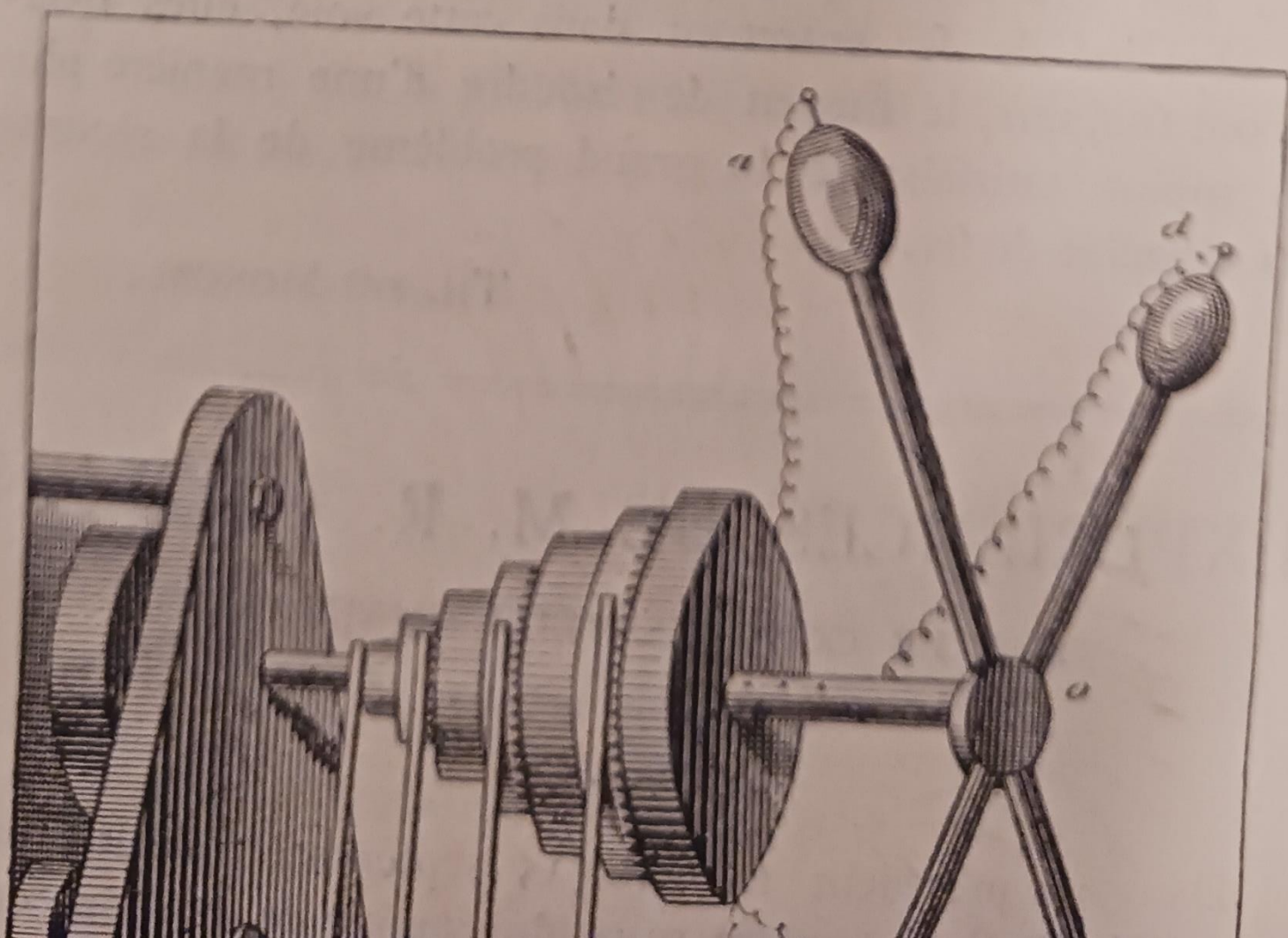


Fig. 1.

Prenant une petite bobine d'induction on place sur le circuit primaire un interrupteur de Reiss (on trouvera dans l'article cité plus haut la description rapide de cet instrument). Sur le circuit secondaire est placé un tube de Geissler, mis en mouvement de rotation par un petit moteur;



se
de
un
teu
ins
tio

LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

le passage
vibrations
re inven-
la dispose

parties à intervalles égaux dans la rotation régulière du tube, y forment une figure lumineuse dépendant de leur nombre ; en sorte que, la note changeant, la figure change, et chaque son est ainsi caractérisé par une sorte de fleur lumineuse différente. Cette très-jolie expérience était bien connue et restait à l'état de gracieuse démonstration plutôt que de mode d'ob-

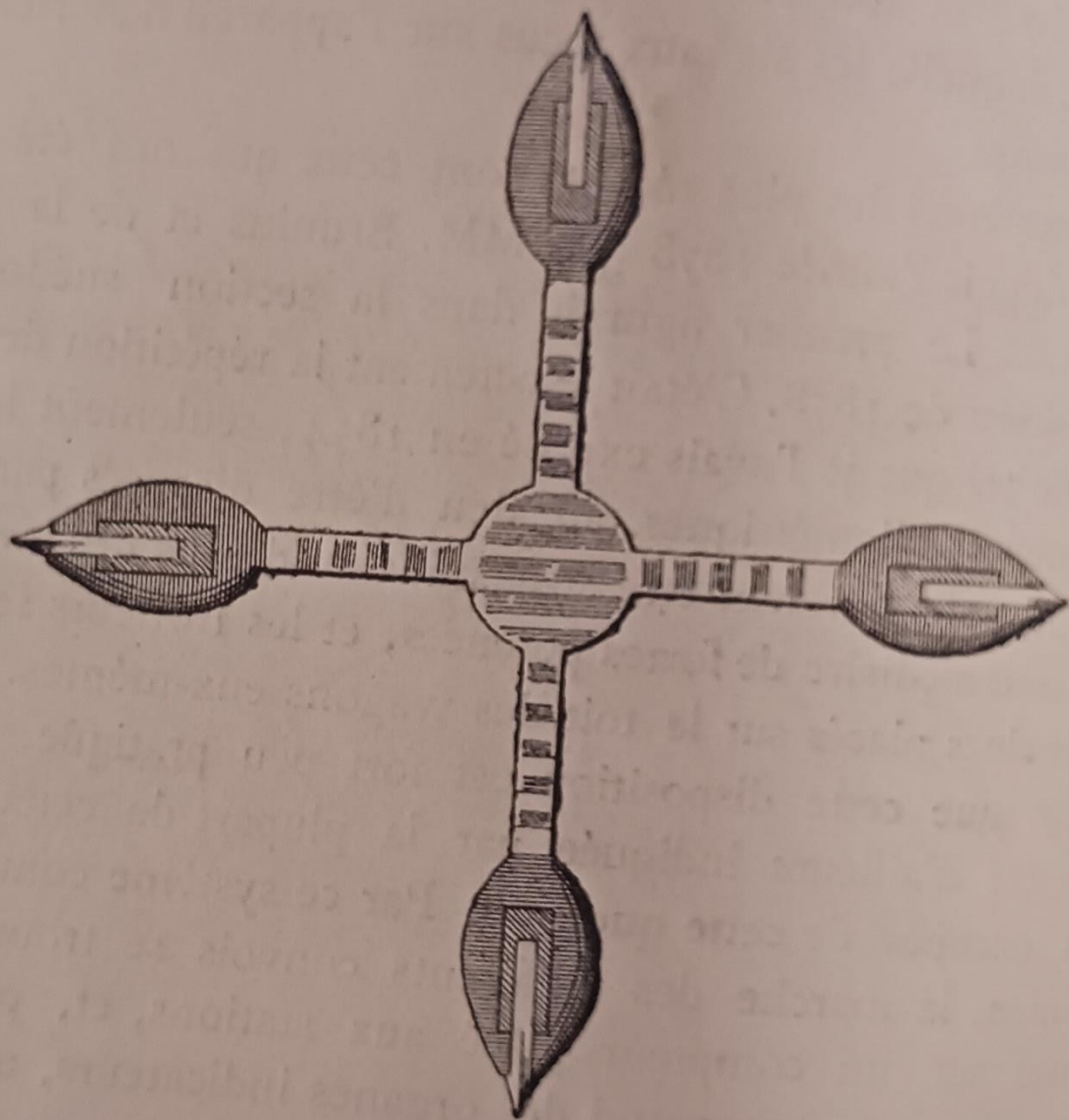


Fig. 3.

servation. Elle n'offre pas de difficultés sérieuses. On a pu dernièrement la réaliser en employant comme interrupteur un téléphone de Gower, actionné à distance par un interrupteur de Reiss; les vibrations du diaphragme de cet excellent instrument sont assez puissantes pour produire les interruptions.

M. Coulon a introduit là l'esprit de méthode scientifique et



tube de Geiss-
petit moteur;

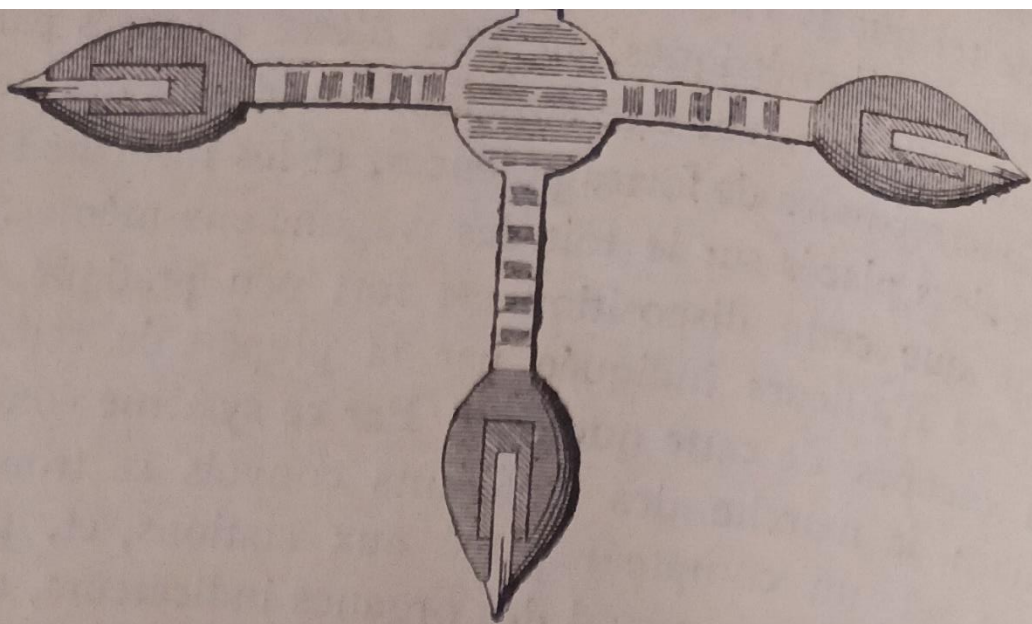


Fig. 3.

servation. Elle n'offre pas de difficultés sérieuses. On a pu dernièrement la réaliser en employant comme interrupteur un téléphone de Gower, actionné à distance par un interrupteur de Reiss; les vibrations du diaphragme de cet excellent instrument sont assez puissantes pour produire les interruptions.

M. Coulon a introduit là l'esprit de méthode scientifique et

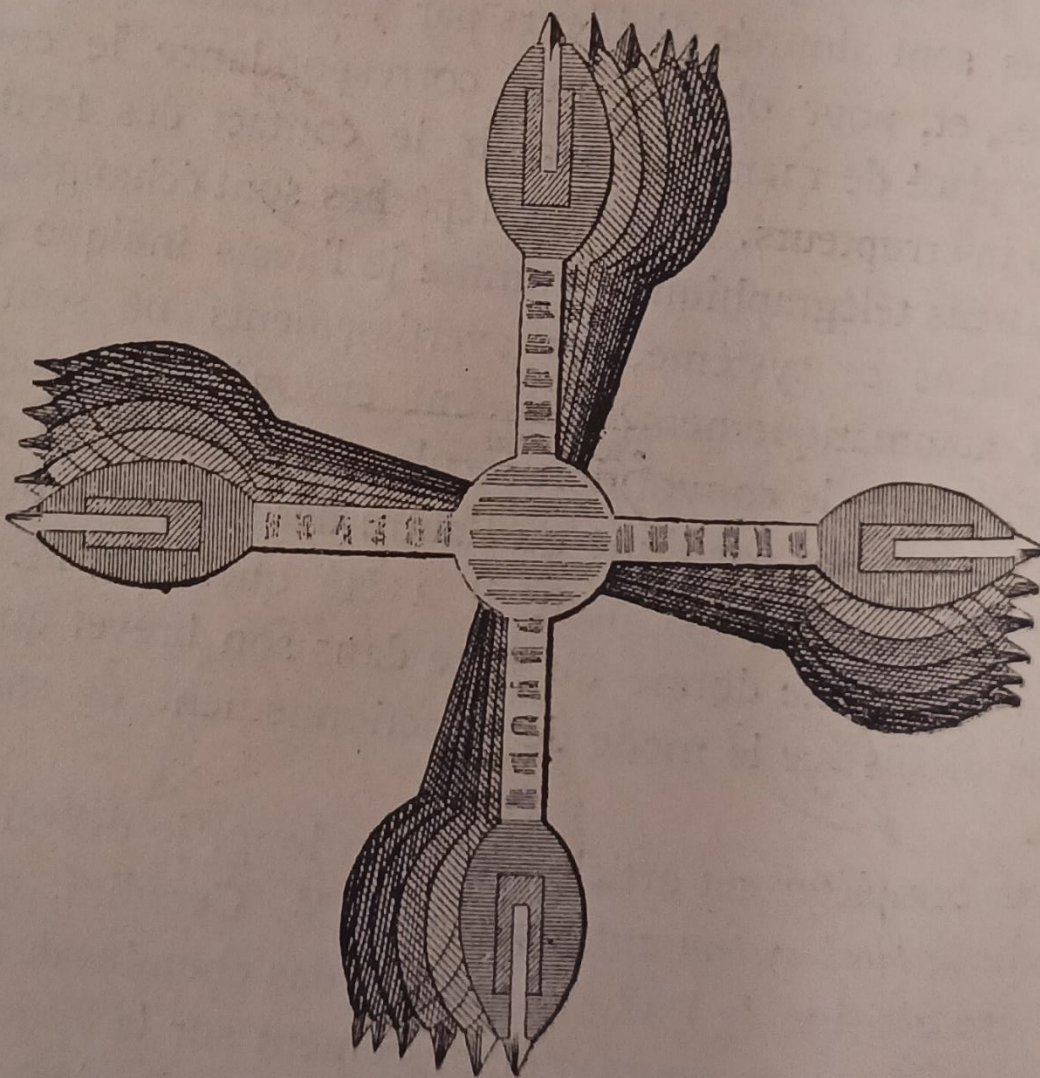


Fig. 4.

les procédés précis qui ont distingué toute cette série d'excellentes études expérimentales.

Voulant étudier le condensateur, c'est lui qui servira d'interrupteur et sera placé sur le circuit primaire; il reste à trouver le moyen de distinguer les diverses figures lumineuses, de s'assurer de l'individualité de chacune. A cet effet, il em-

ploya une méthode, indiquée déjà par Savard, si je ne me trompe, précisément pour des études d'acoustique lumineuse, et que je vais essayer d'indiquer rapidement. Devant une roue fixe, Savard faisait tourner rapidement une roue pareille; il éclairait cet ensemble par des lueurs instantanées et se succédant à intervalles égaux. Supposons que les deux roues aient

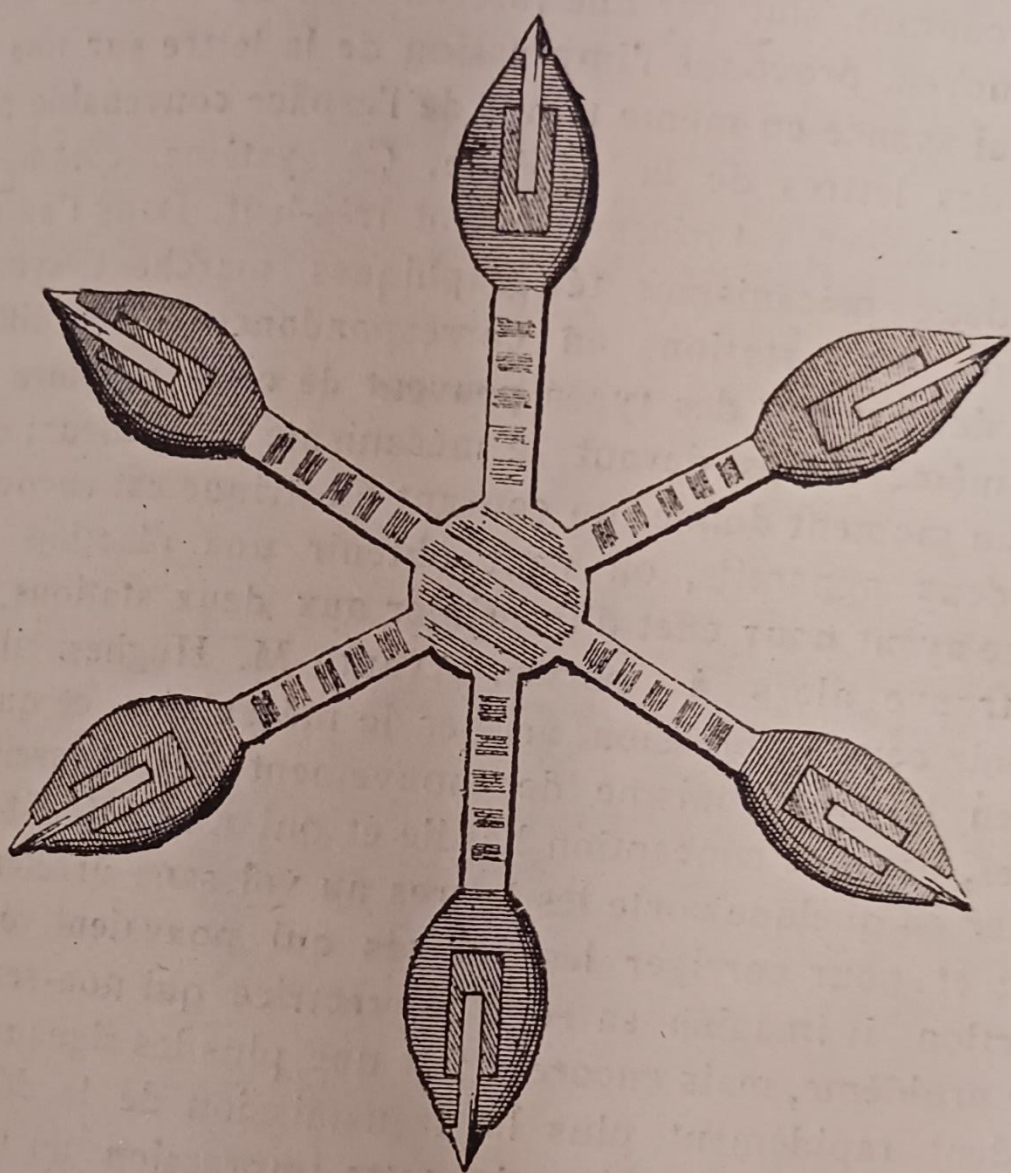
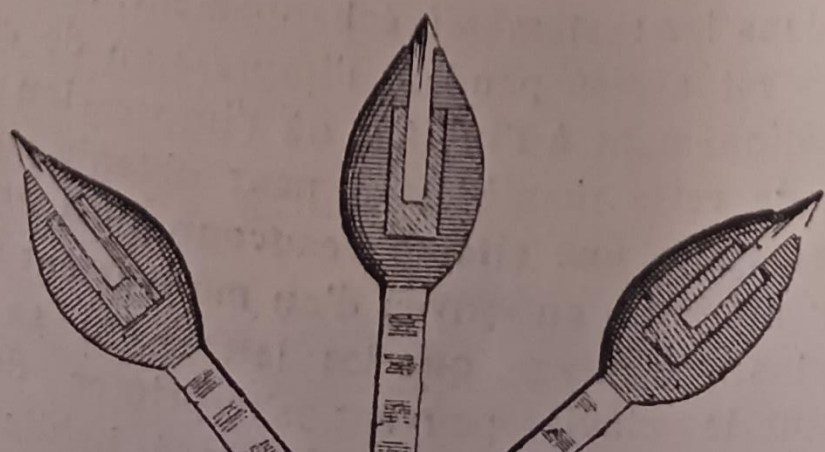


Fig. 5.

six rayons et qu'il y ait juste six éclats de lumière par tour, l'éclairage aura toujours lieu lorsque les rayons de la roue mobile seront devant ceux de la roue fixe; alors, pour l'observateur : le mouvement ne pourra être vu, la roue paraîtra immobile devant l'autre.

Supposons au contraire qu'il n'y ait que cinq éclats de lu-



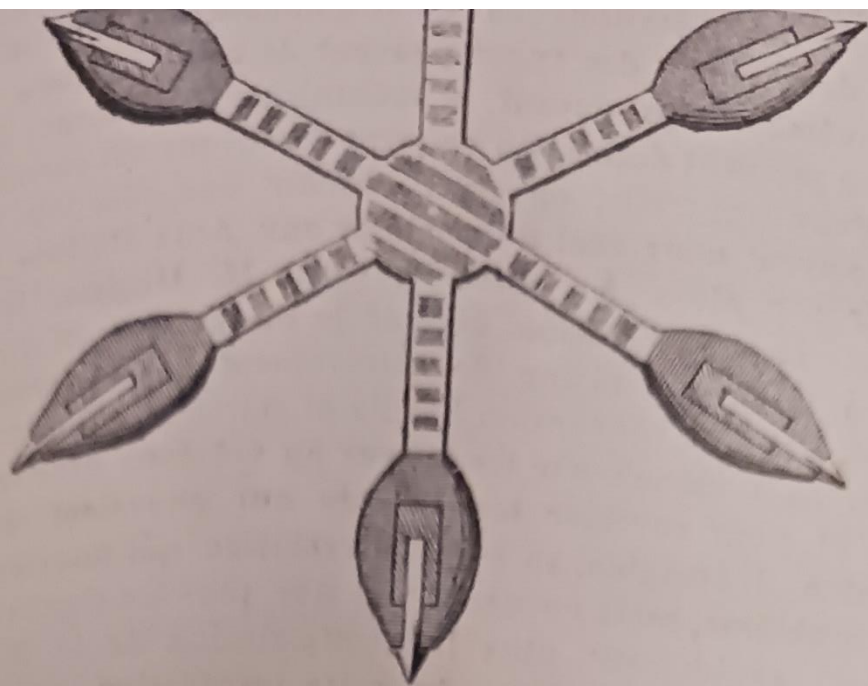


Fig. 5.

six rayons et qu'il y ait juste six éclats de lumière par tour, l'éclairage aura toujours lieu lorsque les rayons de la roue mobile seront devant ceux de la roue fixe; alors, pour l'observateur : le mouvement ne pourra être vu, la roue paraîtra immobile devant l'autre.

Supposons au contraire qu'il n'y ait que cinq éclats de lu-

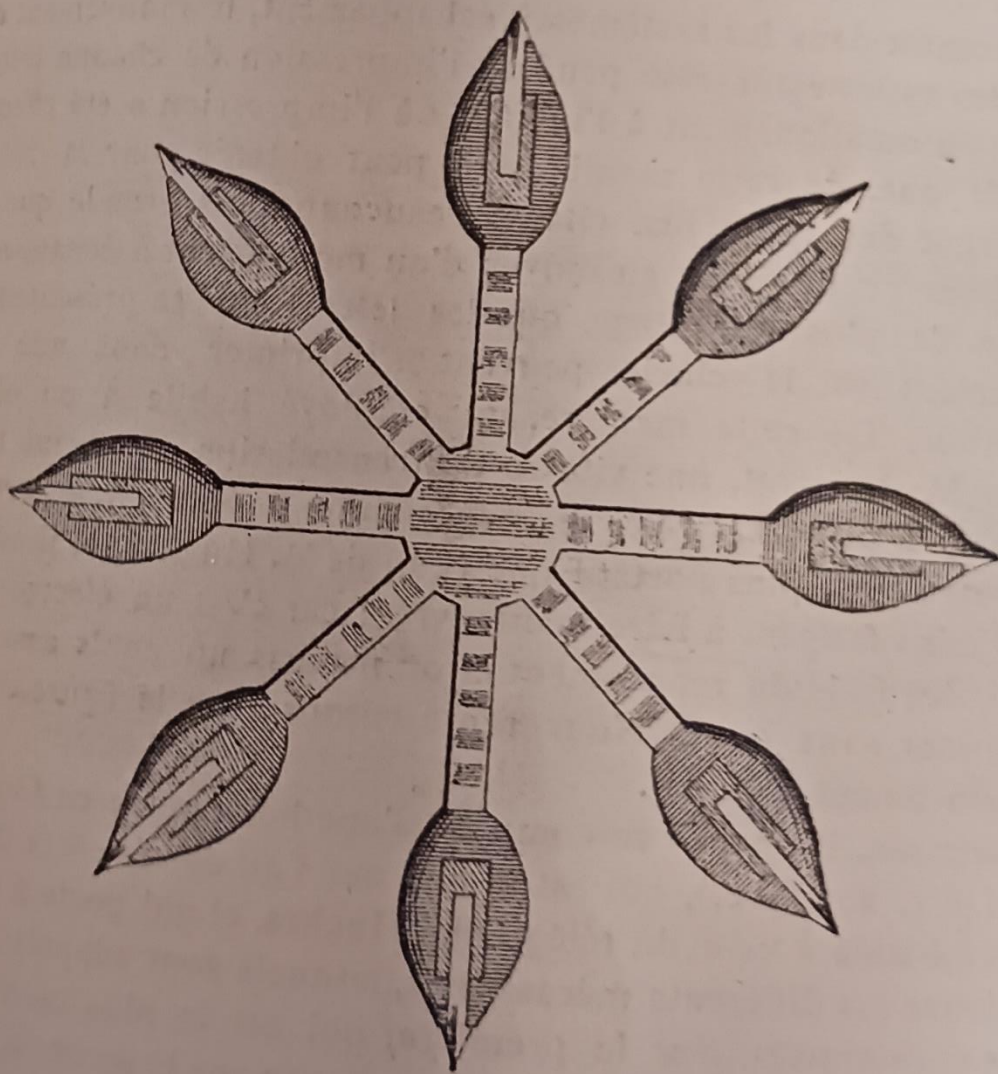


Fig. 6.

mière par tour ; au premier éclat on verra une roue dont les rayons seront en avant de $\frac{1}{5}$ d'intervalle sur la roue fixe; au second éclat leur avance sera de $\frac{2}{5}$ et ainsi de suite jusqu'au cinquième éclat où ils coïncideront de nouveau; l'œil verra

éviter
l'autre
figure
comm
une
M. C
dispo
Ces
absolu

indépe
faites p
autres.

Chac
inducte
donnar
terrupt
nombre
ainsi un
bile de
celles la
circuit p
des son
des écla
dre diffé
En ef
soit à l'
son, on

roue tournera 5 fois. Ces apparences seront naturellement les mêmes si la roue de derrière au lieu d'être fixe est aussi en mouvement ; les éclats marqueront alors les coïncidences des rayons ou leur différence de distance, suivant la périodicité de l'éclairage.

Pour réaliser ces deux roues tournantes, M. Coulon fixe l'un sur l'autre à angle droit deux tubes de Geissler, et pour éviter toute confusion une moitié des deux tubes est noircie, l'autre devant seule être lumineuse, comme l'indique la figure 1. Ces deux tubes sont attachés à un appareil tournant, comme on le voit figure 2. et le système est entraîné dans une rotation rapide rendue aussi régulière que possible. M. Coulon a employé pour atteindre cette régularité, diverses dispositions ingénieuses sur lesquelles il nous faut passer.

Ces deux tubes ainsi solidaires dans leur rotation ne le sont absolument qu'en cela : électriquement, ils sont tout à fait

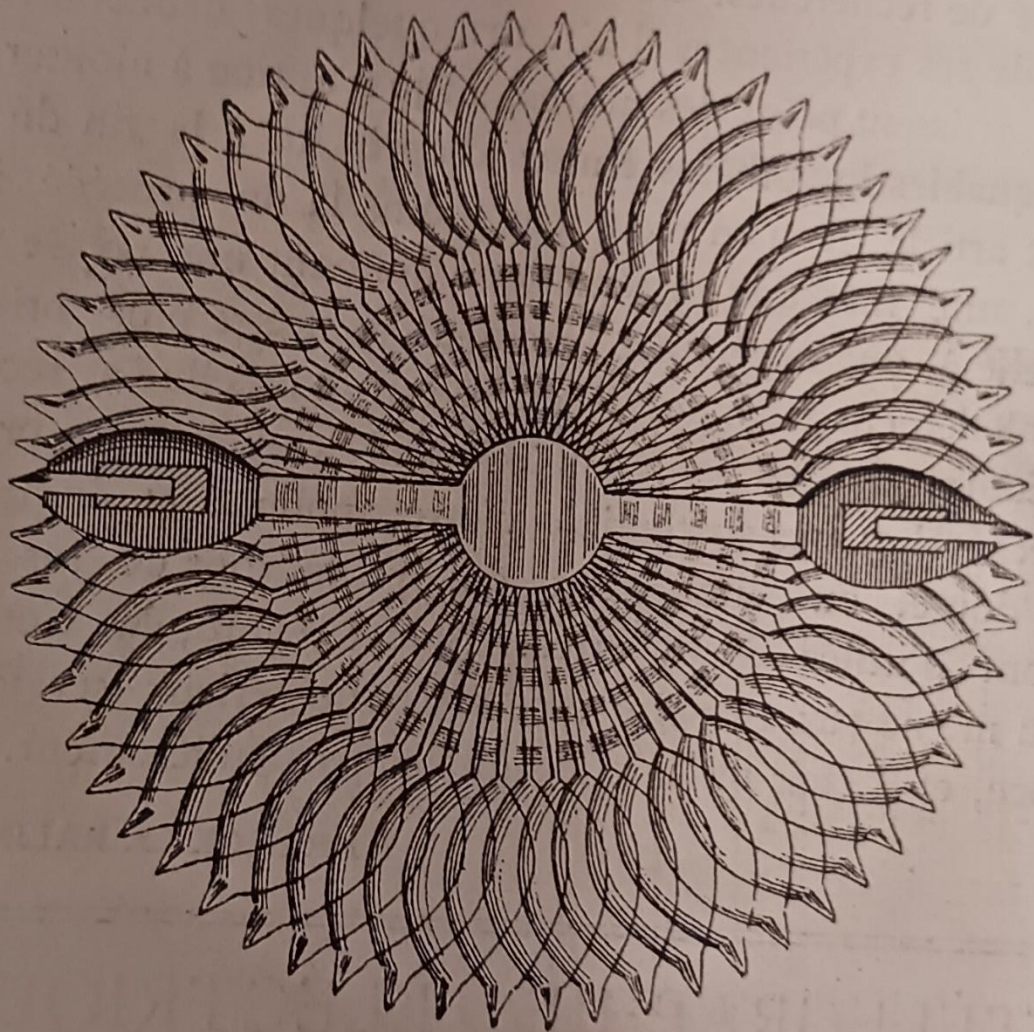


Fig. 7.

indépendants. A cet effet les communications électriques sont faites par des galets formant frottoirs et isolés les uns des autres. L'appareil présente la disposition indiquée (fig. 2).

Chacun des tubes a sa bobine d'induction. Sur le circuit inducteur de la première, est placé un diapason électrique donnant un son déterminé et toujours le même qui sert d'interrupteur ; il enverra donc dans le tube qui lui est lié un nombre connu d'étincelles par seconde et par tour, produisant ainsi une figure lumineuse fixe. C'est au fond, la roue immobile de Savard. Le deuxième tube est celui qui reçoit les étincelles lancées par le condensateur chantant intercalé dans son circuit primaire, et donne des figures lumineuses dépendantes des sons émis : la différence sera indiquée par la coïncidence

sentiment, j'éprouve le besoin de dire que je ne pense pas que mes efforts, couronnés de succès, aient fermé la porte à tout progrès dans la question de l'éclairage artificiel. Je serais désolé qu'il en fût ainsi, car cela me priverait du plaisir de me trouver encore à l'avant-garde des progrès futurs.

Mais je pense qu'un certain *opportunisme* n'est pas plus à dédaigner en industrie qu'en politique; il est sage de mûrir à chaque époque ce que l'ensemble des choses, des idées et des hommes permet de réaliser.

A l'heure actuelle, bornons-nous à regarder en arrière depuis la première et célèbre expérience d'Humphry Davy en 1813, et nous aurons le droit d'éprouver quelque satisfaction dans ce voyage rétrospectif: il nous restera cette pensée consolante que notre époque n'a pas trop mal interprété et développé les leçons des *Ersted*, des *Ampère*, des *Arago* et des *Faraday*.

CORNÉLIUS HERZ.

LA MATIÈRE RADIANTE

M. Crookes, membre de la Société royale de Londres, bien connu de nos lecteurs et auteur du radiomètre, a bien voulu résumer pour nous ses intéressantes recherches sur la matière rayonnante, et nous nous empressons de les publier, en le remerciant de son aimable attention.

Les recherches de la science moderne ont bien élargi et modifié nos idées sur la constitution des gaz. On considère maintenant les gaz comme composés d'un nombre presque infini de petites particules ou molécules, lesquelles sont sans cesse en mouvement, et animées de vitesse de toutes grandeurs. Si nous retirons d'un vase clos une grande partie de l'air qu'il contient, le nombre des molécules est diminué, et la distance qu'une molécule peut franchir sans se heurter contre une autre s'accroît; la longueur moyenne de la course libre étant en raison inverse du nombre de molécules restantes, plus on retire de l'air, plus s'accroît la longueur moyenne qu'une molécule peut parcourir sans entrer en collision avec une autre; ou en d'autres termes plus la longueur moyenne de la course libre augmente, plus les propriétés physiques du gaz se modifient.

J'ai longtemps cru que le phénomène suivant que l'on observe dans les tubes de Geissler doit être en rapport avec la course libre moyenne des molécules. Quand on examine le pôle négatif pendant que le courant fourni par une bobine d'induction traverse un tube où l'on a fait le vide, on voit autour de ce pôle un espace sombre, et on trouve que cet espace croît et décroît, selon que le vide est plus ou moins parfait, ou, ce qui revient au même, que la course libre moyenne des molécules augmente ou diminue. Si le vide est trop imparfait pour laisser beaucoup de liberté aux molécules

avant qu'elles entrent en collision entre elles, le passage de l'électricité indique que l'espace sombre est réduit à des dimensions minimales. On voit donc que l'espace sombre représente la course libre moyenne du gaz rémanent, et il est tout à fait différent dans les tubes où le vide est parfait, et dans les tubes où le vide est fait incomplètement. Dans les tubes où le vide est le meilleur, les molécules du gaz qui restent

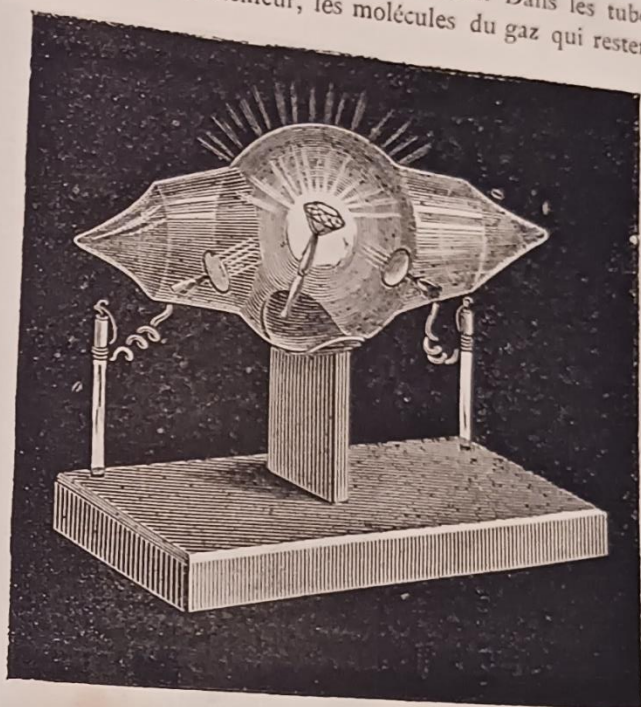


Fig. 1.

peuvent les traverser presque sans collision; et comme les molécules venant du pôle négatif ont une vitesse énorme, et accusent des propriétés nouvelles et caractéristiques, on peut très-bien se servir du terme *matière radiante* emprunté à Faraday.

Une des propriétés les plus remarquables de la matière ra-

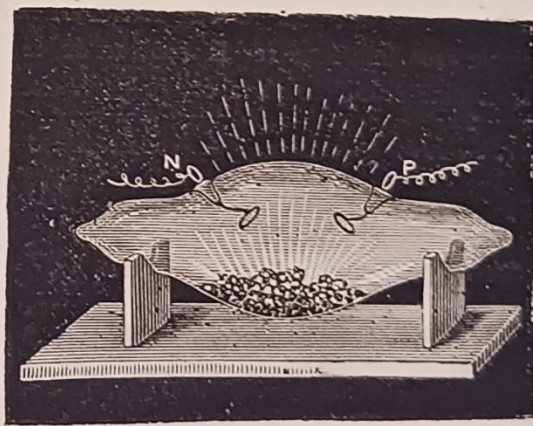


Fig. 2.

diente du pôle négatif, est la propriété qu'elle a de produire la phosphorescence lorsqu'elle frappe contre un corps solide. Le verre, par exemple, devient très-phosphorescent lorsqu'il reçoit un courant de matière radiante. La phosphorescence du verre d'uranium est vert foncé, le verre anglais donne une couleur bleue, le verre allemand, qui est très-mou, en donne une vert pomme, le sulfure de calcium préparé par M. Becquerel, brille avec une couleur bleu-violet, et si ces matières sont

avant qu'elles entrent en collision entre elles, le passage de l'électricité indique que l'espace sombre est réduit à des dimensions minimales. On voit donc que l'espace sombre représente la course libre moyenne du gaz rémanent, et il est tout à fait différent dans les tubes où le vide est parfait, et dans les tubes où le vide est fait incomplètement. Dans les tubes où le vide est le meilleur, les molécules du gaz qui restent

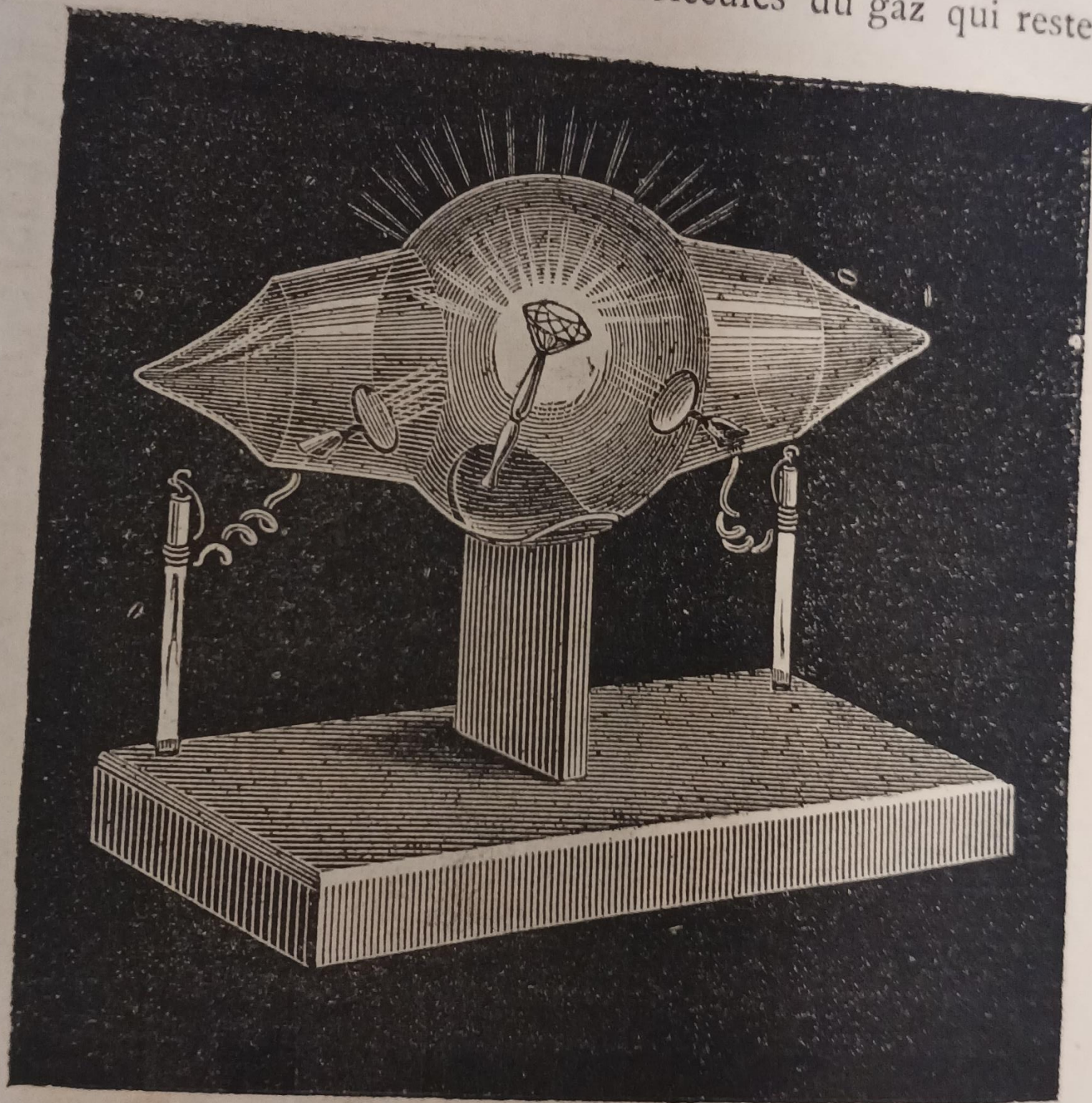


Fig. 1.

peuvent les traverser presque sans collision; et comme les molécules venant du pôle négatif ont une vitesse énorme, et accusent des propriétés nouvelles et caractéristiques, on peut très-bien se servir du terme *matière radiante* emprunté à Faraday.

Une des propriétés les plus remarquables de la matière ra-

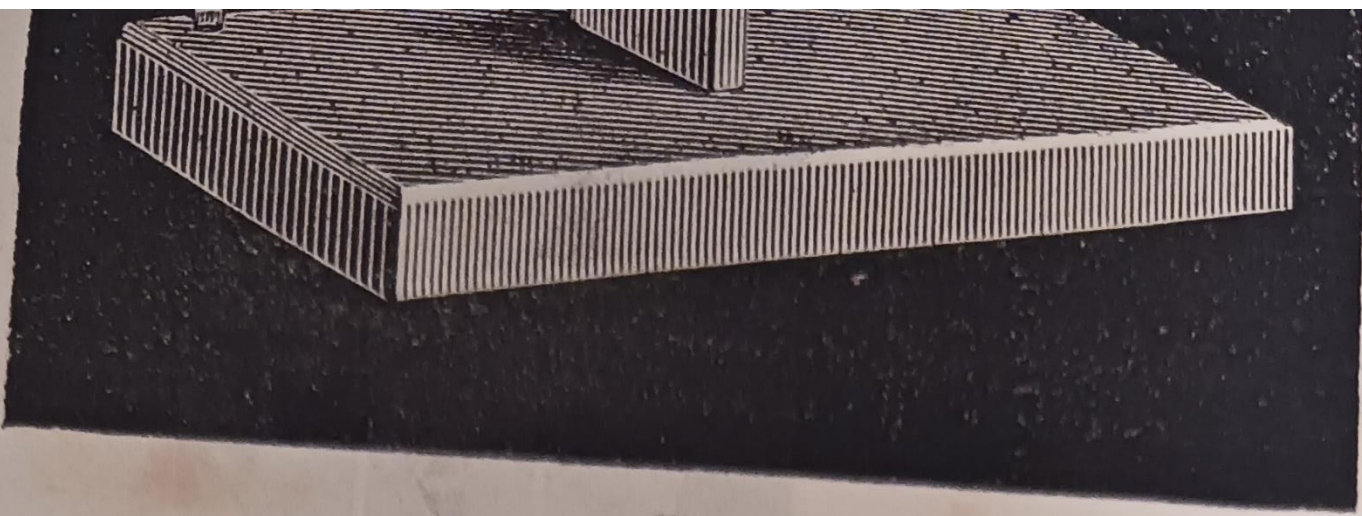


Fig. 1.

peuvent les traverser presque sans collision; et comme les molécules venant du pôle négatif ont une vitesse énorme, et accusent des propriétés nouvelles et caractéristiques, on peut très-bien se servir du terme *matière radiante* emprunté à Faraday.

Une des propriétés les plus remarquables de la matière ra-

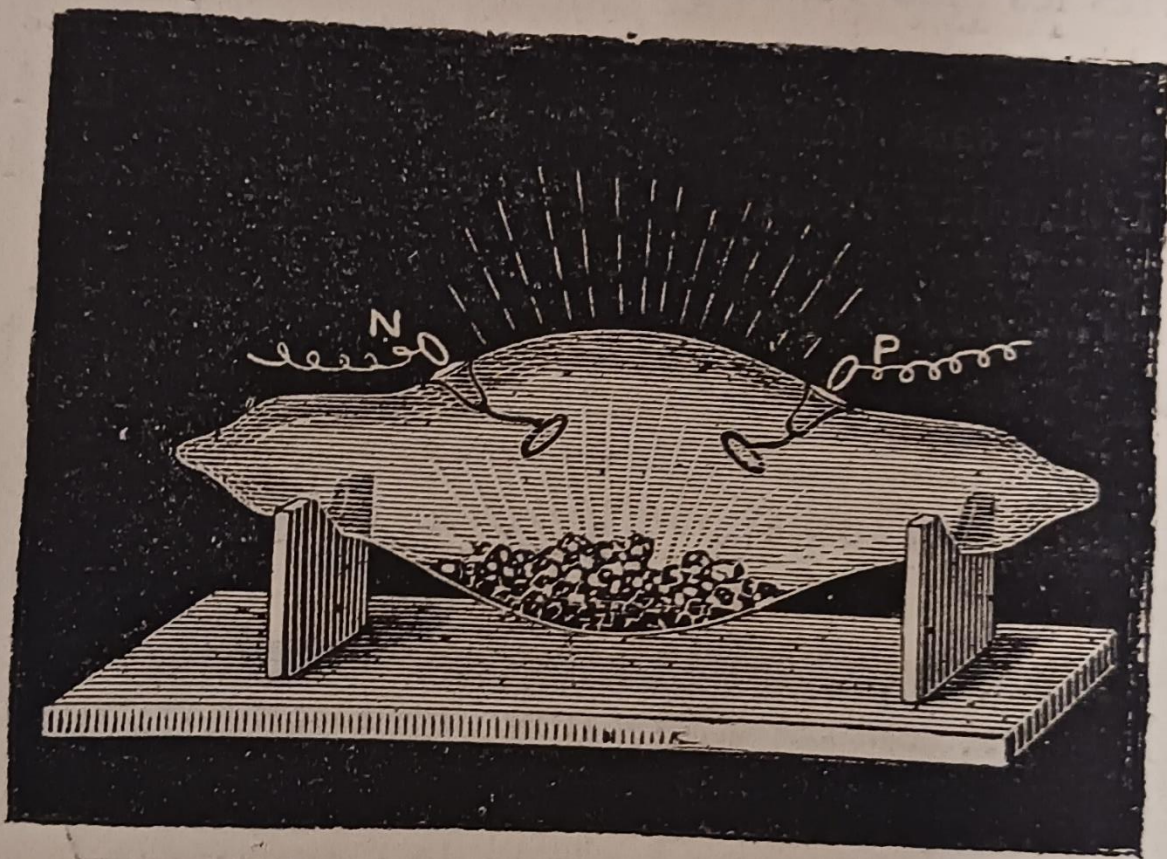


Fig. 2.

diente du pôle négatif, est la propriété qu'elle a de produire la phosphorescence lorsqu'elle frappe contre un corps solide. Le verre, par exemple, devient très-phosphorescent lorsqu'il reçoit un courant de matière radiante. La phosphorescence du verre d'uranium est vert foncé, le verre anglais donne une couleur bleue, le verre allemand, qui est très-mou, en donne une vert pomme, le sulfure de calcium préparé par M. Becquerel, brille avec une couleur bleu-violet, et si ces matière sont

étendues sur une surface d'un décimètre carré, elles brillent assez pour éclairer faiblement une chambre. Le phénakite, minéral fort rare, a une phosphorescence bleue, le spodumène donne une lumière phosphorescente d'un beau jaune d'or, et l'émeraude émet une lumière cramoisie. Mais de toutes ces substances, celle qui donne la phosphorescence la

plus vive est le diamant. La figure 1 représente un diamant fluorescent fort curieux qui paraît vert à la lumière solaire incolore à la lumière artificielle. Il est disposé au centre d'un ballon de verre dans lequel on a fait le vide, et soumis à l'action d'un courant moléculaire dirigé de bas en haut; le diamant donne une lumière phosphorescente verte do

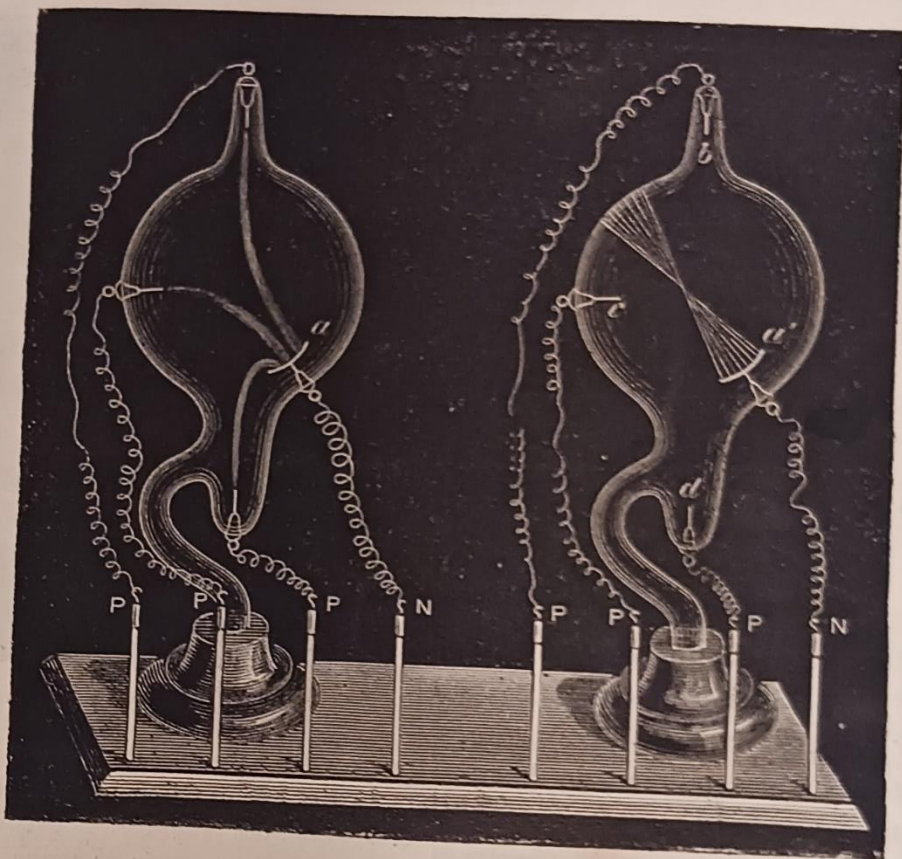


Fig. 3.

l'éclat est égal à celui d'une bougie. Après le diamant une des pierres les plus remarquables par leur phosphorescence, est le rubis qui émet une belle lumière rouge. La nuance du rubis semble sans influence sur la couleur de la lumière émise. L'alumine précipitée qui a été préparée avec le plus

grand soin, et puis chauffée à blanc, donne une lumière aussi belle que le rubis. Donc, la couleur de la lumière phosphorescente n'est aucunement dépendante de la couleur de la pierre. C'est M. Becquerel qui a montré le premier que l'alumine calcinée donne une belle couleur rouge au phosphoroscope. Il

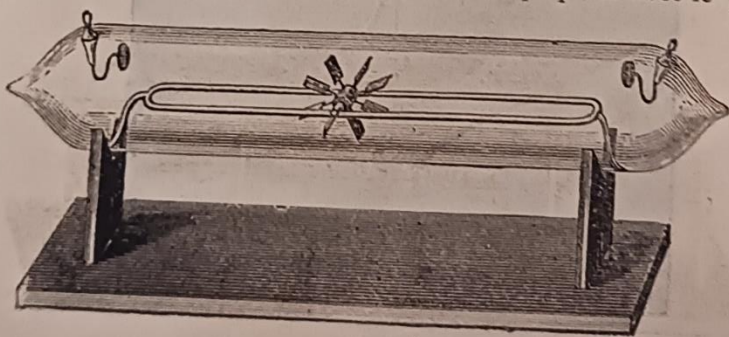


Fig. 4.

n'y a rien de plus beau que de voir une quantité de rubis, soumis à la lumière du courant d'induction; ils brillent comme s'ils étaient incandescents (fig. 2), et l'effet d'illumination est presque égal à celui du diamant. Les rubis artificiels, préparés par M. Feil, se comportent tout à fait comme de vrais rubis.

Le spectre de la lumière rouge émise par ces variétés

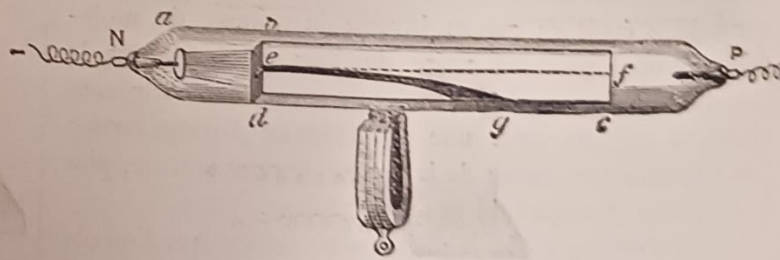


Fig. 5.

d'alumine, présente une raie d'un rouge intense, un peu au-dessous de la raie fixe B du spectre, avec une largeur d'onde d'environ 6,895. Il y a aussi un spectre continu qui finit à peu près en B.

Dans les expériences ordinaires que l'on fait avec les tubes de Geissler, on a coutume, pour mieux faire ressortir les différences de couleur, de donner aux tubes des formes si-

l'éclat est égal à celui d'une bougie. Après le diamant une des pierres les plus remarquables par leur phosphorescence, est le rubis qui émet une belle lumière rouge. La nuance du rubis semble sans influence sur la couleur de la lumière émise. L'alumine précipitée qui a été préparée avec le plus

grand soin, et puis chauffée aussi belle que le rubis. Donc la phosphorescence n'est aucunement dépendante de la couleur de la pierre. C'est M. Becquerel qui a montré le premier que l'alumine calcinée donne une belle coul

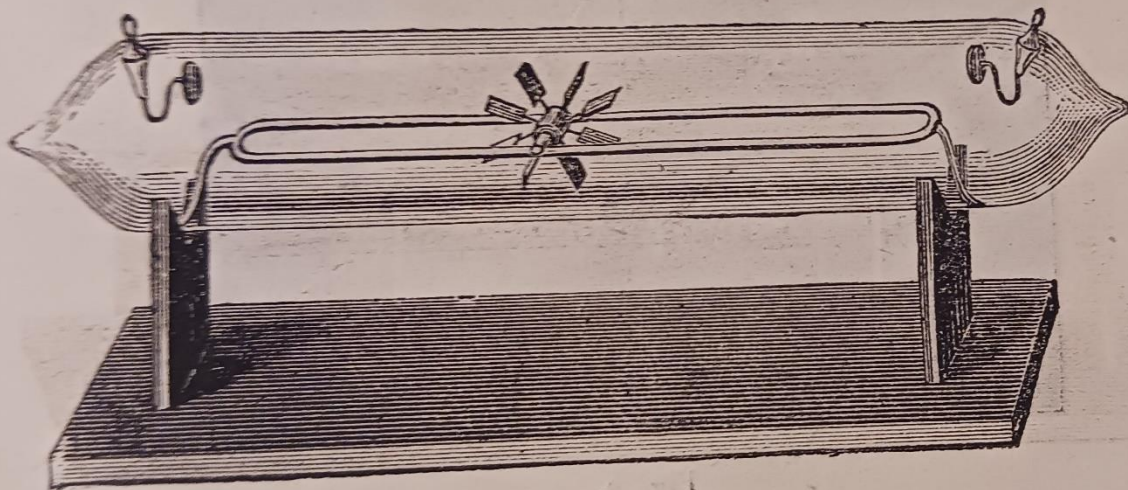


Fig. 4.

n'y a rien de plus beau que de voir une quantité de rubis, sous l'influence du courant d'induction; ils brillent

d'alumine, présente une raie fixe B, d'environ 6,895. Il y a a

Fig. 5.

Après le diamant une des pierres les plus remarquables par leur phosphorescence, est le rubis qui émet une belle lumière rouge. La nuance du rubis semble sans influence sur la couleur de la lumière émise. L'alumine précipitée qui a été préparée avec le plus

grand soin, et puis chauffée à blanc, donne une lumière aussi belle que le rubis. Donc, la couleur de la lumière phosphorescente n'est aucunement dépendante de la couleur de la pierre. C'est M. Becquerel qui a montré le premier que l'alumine calcinée donne une belle couleur rouge au phosphoscope. Il

geant laire de lumière b est détaché et fi bouge pas du tou plaque verte ne c nous montre cet diante, qu'à un f positif exerce une

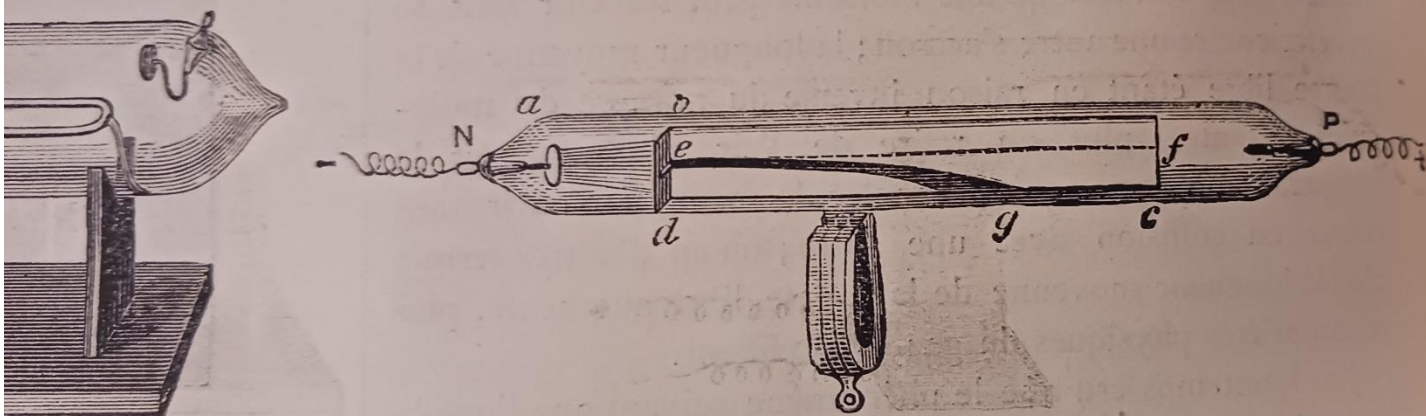


Fig. 5.

e quantité de rubis, sous l'influence du courant d'induction; ils brillent

d'alumine, présente une raie d'un rouge intense, un peu au-dessous de la raie fixe B du spectre, avec une largeur d'onde qui finit à

de manière à le lumineux, mais

neueses assez compliquées. La lumière due à la phosphorescence du gaz rémanent suit alors toutes les sinuosités des tubes. Le pôle négatif étant à une extrémité et le pôle positif à l'autre, les phénomènes lumineux semblent dépendre du plus du pôle positif que du pôle négatif, du moins pour le degré de raréfaction du gaz jusqu'ici en usage pour le mettre en évidence les phénomènes des tubes de Geissler; mais, quand le vide est très-parfait, on ne voit aucune lueur diffuse ou nuageuse dans le tube, la seule lumière qui se manifeste est celle qui provient de la surface phosphorescente du verre.

La figure 3 montre deux boules qui se ressemblent comme forme et comme disposition des électrodes polaires. Dans l'une,

A, le vide a été poussé seulement à quelques millimètres, tandis que dans l'autre, B, le vide a été porté à environ un millionième d'atmosphère. Si la boule A est mise en connexion avec la bobine d'induction, le pôle *a* étant toujours négatif, le fil positif, mis successivement en rapport avec chacun des autres pôles dont la boule est munie, montrera qu'aussitôt que la position du pôle positif sera changée, la ligne de lumière violette qui joint les deux pôles changera aussi; le courant électrique prenant toujours le chemin le plus court entre les deux pôles et changeant, par conséquent, de position dans la boule selon la position du pôle positif. Si on prend la boule B dans laquelle le vide est presque parfait, l'aspect est

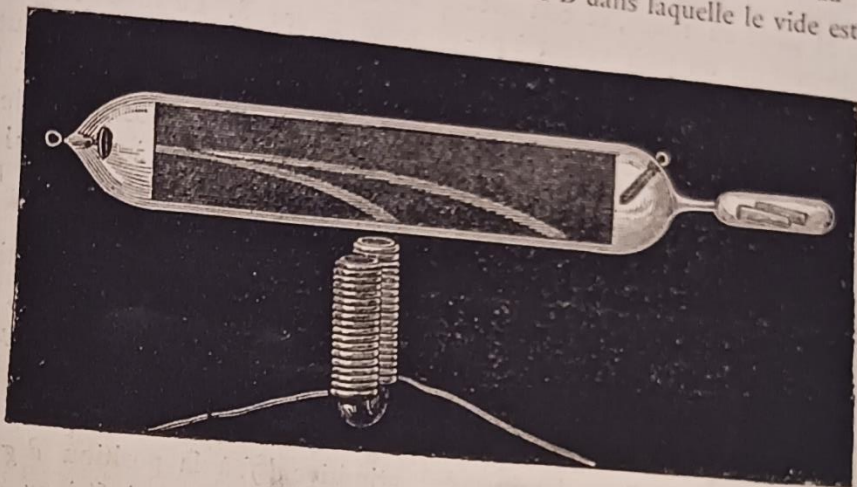


Fig. 6.

bien différent et si le pôle négatif *a* a la forme d'une coupe peu profonde, les rayons moléculaires qui en partent se croiseront au centre de la boule, et viendront tomber en divergeant sur la paroi opposée, en y produisant une plaque circulaire de lumière phosphorescente verte. Quand le fil positif *b* est détaché et fixé ensuite au pôle *c*, la plaque verte ne bouge pas du tout. Le pôle positif étant transporté en *d*, la plaque verte ne change ni de position ni d'intensité. Ce fait nous montre cette remarquable propriété de la matière radiante, qu'à un faible degré de raréfaction, la position du pôle positif exerce une très-grande influence, tandis qu'avec un

vide presque parfait, cette position de ce même pôle n'en exerce presque aucune; les phénomènes semblent dépendre entièrement du pôle négatif, car la matière radiante s'élance toujours en ligne droite du pôle négatif.

J'ai montré que, quand un écran en forme de croix et fait d'alumine intercepte le passage de la matière radiante, l'ombre de la croix est projetée sur l'extrémité du tube; mais si l'on fait tomber la croix, on voit l'ombre noire se changer brusquement en une croix lumineuse.

La matière radiante est donc lancée avec une très-grande vitesse du pôle négatif, et non-seulement elle frappe le verre

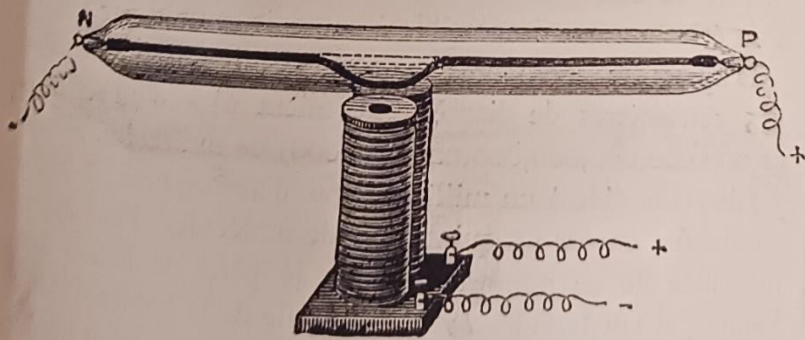


Fig. 7.

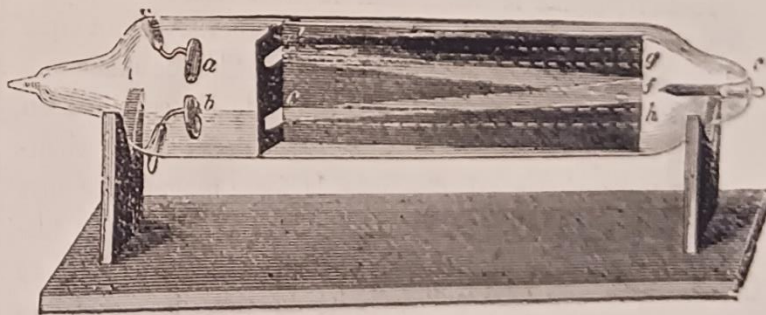


Fig. 8.

de manière à le faire vibrer et à le rendre momentanément lumineux, mais les percussions résultant du choc des molécules sont assez énergiques pour produire sur le verre une impression durable.

Pour montrer que la matière radiante exerce une action mécanique sur les corps qu'elle vient frapper, j'ai construit un tube (fig. 4), où le vide a été poussé fort loin, et qui con-

tient deux petites tiges de verre parallèles, disposées dans le sens de la longueur du tube de manière à former une sorte de petit chemin de fer. L'axe d'une petite roue à larges palettes de mica tourne sur ces tiges de verre, et, à chaque extrémité du tube, un peu au-dessus du centre, se trouve une électrode d'alumine. Dès que l'une ou l'autre de ces électrodes est rendue négative, un courant de matière radiante s'élance

La figure 3 montre deux boules qui se ressemblent comme forme et comme disposition des électrodes polaires. Dans l'une,

la position du pôle positif sera changée, la ligne de lumière violette qui joint les deux pôles changera aussi; le courant électrique prenant toujours le chemin le plus court entre les deux pôles et changeant, par conséquent, de position dans la boule selon la position du pôle positif. Si on prend la boule B dans laquelle le vide est presque parfait, l'aspect est

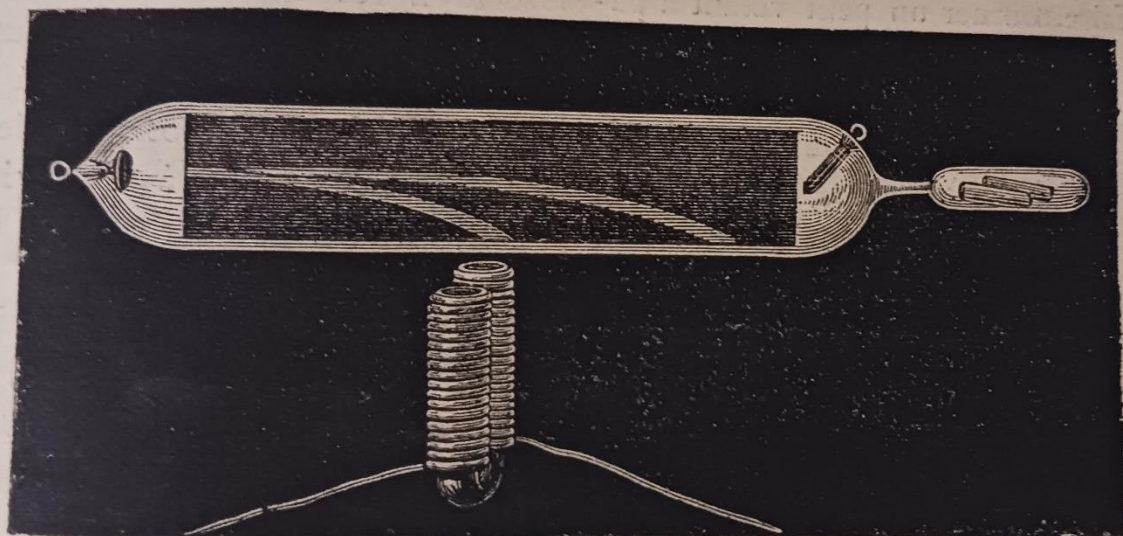


Fig. 6.

différent et si le pôle négatif *a* a la forme d'une coupe profonde, les rayons moléculaires qui en partent se

vide presque parfait, cette position de ce même pôle n'en exerce presque aucune; les phénomènes semblent dépendre

ne lumière
nière phos-
porescence de la
e l'alumine
roscope. Il

laire de lumière phosphorescente. Quand le fil positif est détaché et fixé ensuite au pôle *c*, la plaque verte ne bouge pas du tout. Le pôle positif étant transporté en *d*, la plaque verte ne change ni de position ni d'intensité. Ce fait nous montre cette remarquable propriété de la matière radiante, qu'à un faible degré de raréfaction, la position du pôle positif exerce une très-grande influence, tandis qu'avec un

J'ai montré que, quand un écran en forme d'alumine intercepte le passage de la lumière, l'ombre de la croix est projetée sur l'extrémité si l'on fait tomber la croix, on voit l'ombre ger brusquement en une croix lumineuse. La matière radiante est donc lancée avec vitesse du pôle négatif, et non-seulement elle

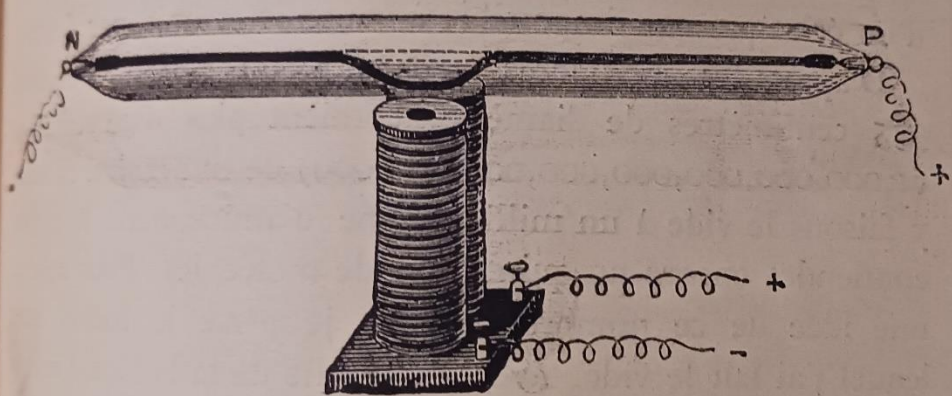


Fig. 7.

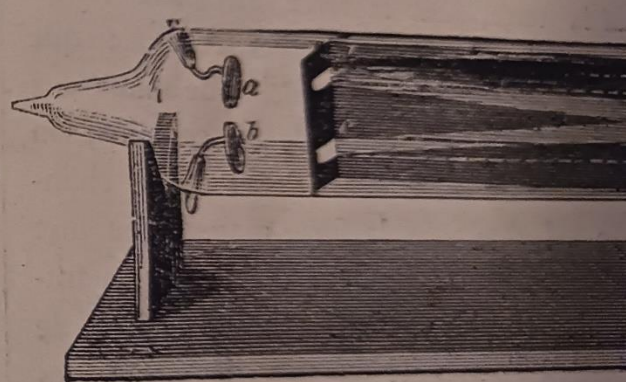


Fig. 8.

un peu au-
teur d'onde
qui finit à

de manière à le faire vibrer et à le rendre momentanément lumineux, mais les percussions résultant du choc des molécules sont assez énergiques pour produire sur le verre une impression

tient deux petites tiges de verre parallèles sens de la longueur du tube de manière à de petit chemin de fer. L'axe d'une petite tige de mica tourne sur ces tiges de ver

une plaque circu-
erte. Quand le fil positif
e *c*, la plaque verte ne
ant transporté en *d*, la
n ni d'intensité. Ce fait
priété de la matière ra-
tion, la position du pôle
ce, tandis qu'avec un

le pôle négatif, car la matière radiante s'élance
toujours en ligne droite du pôle négatif.
J'ai montré que, quand un écran en forme de croix et fait
d'alumine intercepte le passage de la matière radiante,
l'ombre de la croix est projetée sur l'extrémité du tube; mais
si l'on fait tomber la croix, on voit l'ombre noire se chan-
ger brusquement en une croix lumineuse.
La matière radiante est donc lancée avec une très-grande
vitesse du pôle négatif, et non-seulement elle frappe le verre

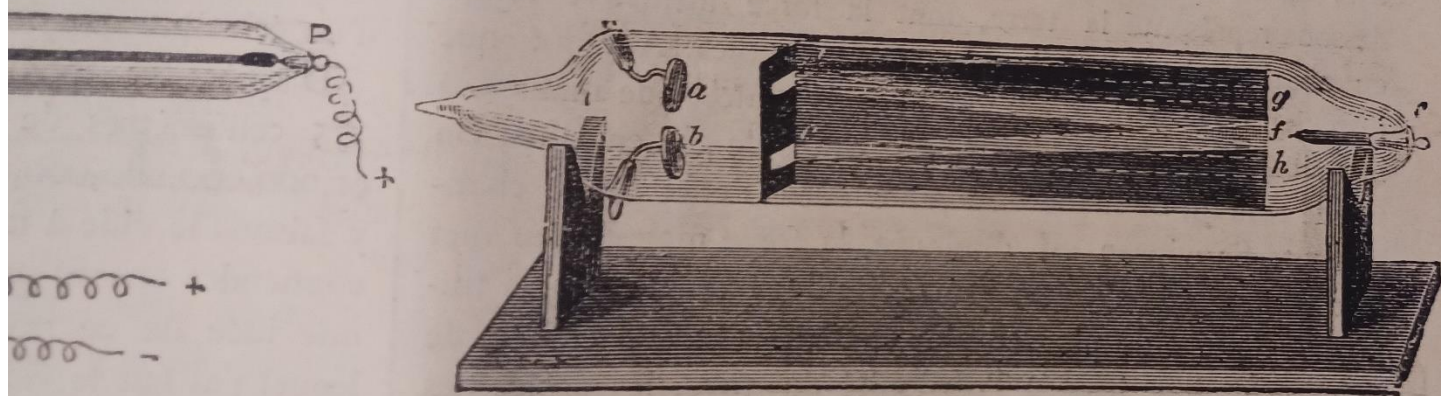


Fig. 8.

dre momentanément
t du choc des molé-

tient deux petites tiges de verre parallèles, disposées dans le
sens de la longueur du tube de manière à former une sorte
de petit chemin de fer. L'axe d'une petite roue à larges pâ-

de ce pôle parcourt le tube et, frappant les palettes supérieures de la petite roue, la fait tourner et avancer le long des rails de verre.

En renversant les pôles, la roue est arrêtée et renvoyée en sens contraire, et si le tube est un peu incliné, on peut s'assurer que le choc est assez puissant pour forcer la roue à remonter la pente. Cette expérience démontre donc que le courant moléculaire qui part du pôle négatif peut mettre en mouvement un obstacle léger qu'il rencontre.

J'ai aussi montré par expérience que, dans un vide presque parfait, non-seulement la matière radiante est électrisée par le pôle négatif d'une bobine d'induction, mais qu'elle est encore mise en mouvement par un fil porté au rouge, et cela avec une force suffisante pour faire tourner un petit volant à palettes inclinées.

Une des expériences les plus intéressantes qui peuvent se rapporter à la matière radiante est celle qui montre que cette matière est déviée par un aimant. Un long tube de verre (fig. 5), dans lequel le vide est presque parfait, a un pôle négatif à un bout, et sur une grande partie de la longueur du tube est disposé un écran phosphorescent *bc*. En face du pôle négatif est une plaque de mica *bd*, percée d'une ouverture *e* de manière que, quand on fait passer le courant d'induction, une ligne de lumière phosphorescente *ef* est projetée dans toute la longueur du tube. Si on met sous ce tube un aimant puissant en fer à cheval, la ligne lumineuse *ef* se recourbe aussitôt sous l'influence de l'aimant, et ondule comme une baguette flexible quand on fait varier la position de l'aimant.

La figure 6 est un tube exactement semblable au précédent, mais à une des extrémités duquel se trouve ajouté un petit tube rempli de morceaux de potasse caustique et disposé de manière à pouvoir être chauffé. On peut alors rendre le vide un peu moins parfait. Si l'on fait passer le courant d'induction, on voit aussitôt un rayon de matière radiante tracer sur l'écran sa trajectoire qui devient courbe, sous l'influence de l'aimant en fer à cheval placé au-dessous. Les molécules lancées du pôle négatif peuvent être comparées aux projectiles qui partent d'une mitrailleuse, et l'aimant situé au dessous représente la terre, dont la force attractive réagit en courbant la trajectoire de ces projectiles. Aussitôt que l'on chauffe la potasse avec une lampe à alcool de manière à introduire dans le tube quelques traces de gaz en plus, on voit le courant de matière radiante subir l'effet de ce changement. Sa vitesse est diminuée, la force magnétique met plus de temps à agir sur les molécules individuelles, la trajectoire devient de plus en plus courbe, et enfin, au lieu de s'élancer presque jusqu'à l'extrémité du tube, les projectiles moléculaires viennent toucher la paroi inférieure avant d'avoir parcouru plus de la moitié du chemin. Cette expérience a été faite avec un vide presque absolu.

La figure 7 représente un tube dans lequel l'air n'a été que peu raréfié. Quand je faisais passer l'étincelle d'induction, elle traversait le tube sous la forme d'une raie étroite de lumière violette joignant les deux pôles. Sous ce tube, se trouvait un électro-aimant puissant, et je mettais le fil des deux branches de l'aimant en communication avec la pile.

Dans ces conditions, la partie moyenne de la raie lumineuse s'abaissait vers l'aimant, et quand je renversais les pôles, la raie était repoussée vers la paroi supérieure du tube. Mais l'action n'était alors que momentanée, et l'abaissement de la raie lumineuse se produisait ensuite sous l'influence persistante de l'aimant. La ligne de décharge se relevait après sa courbure pour poursuivre sa route vers le pôle positif.

Au contraire, quand le vide est poussé très-loin, le courant de matière radiante qui s'est abaissé vers l'aimant, ne reprend pas sa direction première, mais continue dans la nouvelle direction qu'il a prise.

Pour déterminer si la matière radiante sert de véhicule à un courant électrique, j'ai construit l'appareil qui est représenté figure 8. Le tube est muni de deux pôles négatifs *a, b*, placés tout près l'un de l'autre, à une de ses extrémités, et un pôle positif *c* est adapté à l'autre extrémité. De cette manière, il devient possible de lancer deux courants de matière radiante côte à côte, le long de l'écran phosphorescent, ou bien de n'en envoyer qu'un seul, en interrompant l'un des deux circuits.

Je mets d'abord ce pôle négatif supérieur en communication avec la bobine d'induction, et aussitôt le rayon lumineux s'élance le long de la ligne *df*; mais quand je fais entrer en jeu le pôle négatif inférieur *b*, une seconde ligne *eb* s'élance le long de l'écran. Le premier jet saute de sa position primitive *df* à la position *dg*, ce qui montre qu'elle est repoussée; le rayon inférieur aussi est dévié de sa direction normale. Donc les deux courants parallèles de matière radiante se repoussent mutuellement et agissent non comme les fils conducteurs d'un courant, mais simplement comme des corps chargés d'électricités de même nom.

Une autre propriété de la matière radiante est qu'elle produit de la chaleur lorsqu'elle est arrêtée dans son mouvement.

Si je fais tomber la chaleur provenant de rayons lumineux concentrés au foyer d'une lentille sur un morceau de platine iridié, disposé sur un support au centre d'une boule contenant un pôle négatif en forme de coupe, le métal peut s'échauffer jusqu'à la chaleur blanche, et j'augmente l'intensité de la décharge électrique. Le platine iridié brille alors d'un éclat presque impossible à soutenir et finit par fondre.

D'après les meilleures autorités, un ballon d'environ 135 centimètres de diamètre, contient plus d'un septillion (1,000,000,000,000,000,000,000,000) de molécules. Si nous y faisons le vide à un millionnième d'atmosphère, le ballon contiendra encore un quintillion de molécules. Pour donner une idée de ce nombre énorme, je perce le ballon dans lequel j'ai fait le vide, avec l'étincelle de la bobine d'induction. Cette étincelle produit une ouverture tout à fait microscopique, mais qui est pourtant assez grande pour permettre aux molécules de pénétrer dans le ballon et de détruire le vide. L'air qui se précipite au dedans vient frapper sur les palettes de la petite roue, et la fait tourner comme un moulin à vent; alors les molécules entrent avec une vitesse d'environ 300 quintillions par seconde.

Dans l'étude de ce quatrième état de la matière, il semble que nous ayons saisi et soumis à notre pouvoir les petits

atomes indivisibles qu'il y a de bonnes raisons de considérer comme formant la base physique de l'univers.

Par quelques-unes de ses propriétés, la matière radiante est aussi matérielle que le sable, tandis que par d'autres propriétés, elle présente presque le caractère d'une force de radiation.

W. CROOKES.

CAUSERIE ÉLECTRIQUE

UNE VISITE AU POSTE CENTRAL DES TÉLÉGRAPHES.

2^e article (Voir le n^o du 15 octobre).

En décrivant aussi rapidement que je l'ai fait dans un premier article l'agencement des piles électriques au poste central, bien des détails intéressants ont été omis. Je n'ai pas parlé de la disposition simple par laquelle leur communication avec la terre est assurée; au moyen d'un câble général courant le long de toutes les voûtes; je n'ai pas raconté les précautions qu'il a fallu prendre, en 1877, pour descendre dans les caves toutes ces piles sans interrompre ni même gêner un seul instant le service; et ainsi d'une foule d'autres faits dignes de remarque. Mais je n'ai nullement la prétention de tout dire: bien loin de là, il ne s'agit ici que de marquer les grands traits des choses. Je regrette seulement de ne pouvoir désigner les hommes de savoir et d'expérience qui ont réalisé chacun les ingénieux arrangements que j'aurai à décrire: ce n'est pas l'envie qui manque, et il me semble que ce serait justice, mais j'ai présente à la mémoire la modeste et digne parole que m'a dite l'un des chefs distingués de cette administration. « Ce perfectionnement est de vous? » demandais-je. « Il est, dit-il, de moi si vous voulez, et aussi des autres. Ici chacun travaille, et le progrès n'est à personne, il appartient un peu à tous. » Bien que cela ne soit pas tout à fait vrai, et que la plupart des inventions soient, là comme partout, le produit d'une individualité marquante, il faut reconnaître en effet qu'il y a là un milieu de travaux et un courant d'idées qui doit être une aide puissante. Puisqu'on le désire, nous pourrions laisser à tous le mérite de chacun, et, quoique à regret, ne désigner personne d'une façon plus spéciale.

Nous laissons maintenant les piles et montons au premier étage où sont les salles qui renferment les appareils, les télégraphes proprement dits.

C'est un changement complet. En bas, dans de petites caves voûtées, blanches, silencieuses, nous quittons les tringles armées de bocaux remplis de liquides d'un bleu verdâtre, et, le gaz éteint après notre départ, nous laissons l'électricité se produire dans l'obscurité. En haut nous trouvons de vastes salles pleines de lumière, animées d'une activité incessante, sans pourtant qu'aucun désordre s'y fasse sentir; un bruit constant les remplit sans s'élever au-dessus d'un murmure régulier. Le fond de ce bruit est un tic tac très-fréquent, composé d'une multitude de petits chocs; c'est le télégraphe Morse qui parle.

Plusieurs appareils sont en usage au poste télégraphique,

et nous allons les passer en revue, mais parmi eux sont de beaucoup les plus employés. Chacun les connaît vu dans un bureau de télégraphe l'employé assis devant sa sorte de boîte, et regardant se dérouler devant lui une bande marquée de petits traits et de points irrégulièrement disposés, c'est la dépêche qui arrive, et l'appareil critique ainsi indique chacun de ses mouvements. L'employé, à son tour, saisit un bouton qui établit un contact en appuyant plus ou moins longtemps sur la réponse qu'il envoie. À l'autre bout de la ligne, un employé semblable au sien traduit en lignes et points le langage parfaitement clair. En Amérique on a beaucoup de cas renoncé à faire inscrire la dépêche sur la bande; il la parle seulement, et l'employé sous sa dictée. On gagne ainsi du temps, mais on a des chances d'erreur, la dépêche ne pouvant être contrôlée. L'esprit français toujours épris d'exactitude et de contrôle, a maintenu les appareils écrivains; on a sacrifié la rapidité ce qu'on perd en rapidité. Lequel vaut le mieux, n'est pas à nous d'en juger; d'ailleurs cela peut varier dans différentes circonstances. En tous cas, l'administration tient à ce que les employés soient en état de comprendre la dépêche; cela peut être indispensable, en guerre, ou dans bien des cas qu'on peut imaginer aisément.

Sur de longues tables perpendiculaires aux murs sont rangés les appareils; les fils qui les desservent sont disposés sous la tablette; entre les rangées, et les employés reçoivent ou expédient les dépêches que des facteurs apportent et enlèvent.

En avançant nous trouverons bientôt d'autres manières d'employer un appareil différent; celui-ci présente une table chargée d'un mécanisme compliqué, et porte un clavier, semblable à celui d'un petit piano. Les touches blanches et noires portent des lettres et des chiffres. C'est le télégraphe de Hughes.

Je me garderai d'entreprendre la description de cet appareil compliqué (le lecteur la trouvera dans le *Journal de l'électricité* de M. du Moncel), il me suffira de marquer en quoi il diffère surtout du Morse. Le principe nouveau il renferme. C'est celui du système de Regard. Regardez l'appareil en marche, les yeux seront attirés par une pièce qui tourne continuellement avec une rapidité et un mouvement très-régulier; à l'autre bout de la même pièce pareille tourne exactement comme celle-ci. Le temps et du même mouvement; un système synchronisme tient cet accord précis qui constitue le synchronisme. La conséquence est que tout mouvement du premier appareil est répété par le second sans retard appréciable, ainsi que les signes sont transmis et inscrits par le second qui livre directement les dépêches en caractères d'imprimerie, n'exigeant aucune transcription; c'est la bande de la machine qui sera remise au destinataire sur une feuille de papier.

Cette remarque fait sentir la raison pour laquelle

l'appareil d'alarme ont
ceux qui ont été pré-
Brunius et de la Tour
la section suédoise à
nt la répétition de mon
854, seulement les in-
être disposés par terre
au-dessus des wagons
t les frotteurs se trou-
ns eux-mêmes. Il est
peu pratique, et elle
lupart de ceux qui se
système comme par
vois se trouvait in-
tations, et, pour un
ndicateurs, un aver-
convois au moment
pteurs qu'il devaient
était réalisé sur les
dans mon ouvrage

il a été breveté en
le même principe
ie 3 circuits diffé-
rotteurs. Les aver-
onneries électriques
ndance, le convoi
tact des frotteurs
ont échangées par
ais indiqué moi-
nts ne sont pas
rés des stations,
vancer, le méca-
onneries qui cor-
estion; M. de la
brevet que très-
ent de son sys-

je devrai encore
radini, qui, d'a-
mins de fer de la
la ligne de Gé-
ernière avec un
vous en donne-
chain numéro.
application qui
M. Rogers et
tobre a donné
orte de cadran

de fer métropolitain de Londres, ce système pourra rendre
de grands services. Ce sera encore une application heureuse
des communications électriques établies d'un bout à l'autre
des convois et dont nous avons parlé dans notre dernier
article.

Il y a encore beaucoup d'autres systèmes de ce genre,
entre autres celui de MM. Plouron et Gros, dont nous ne
parlerons pas en raison de leur peu d'importance; nous
croyons en avoir assez dit sur cette question pour que
l'on soit convaincu que, du moment où les compagnies
de chemins de fer entreront dans cette voie, elles trou-
veront toujours, le moyen de résoudre d'une manière plus
ou moins satisfaisante le grand problème de la sécurité
des chemins de fer.

TH. DU MONCEL.

EXPÉRIENCES DE M. R. COULON

SUR LE CONDENSATEUR CHANTANT

(Deuxième article)

Dans un précédent numéro (15 septembre) j'ai dit com-
ment M. Coulon, voulant se rendre compte de l'origine des
sons dans le téléphone, fut conduit à étudier particulière-
ment le condensateur chantant. Parmi les ingénieuses expé-
riences que ce savant habile réalisa dans le cours de ce tra-
vail, j'ai rappelé celles où M. Coulon, ayant réduit le conden-
sateur à sa plus simple expression, c'est-à-dire à deux poin-
tes séparées par une lame d'air, vit les vibrations sonores se
manifester entre ces électrodes sous forme d'aigrettes lumi-
neuses variant avec le son lui-même. Il tira naturellement
de là l'idée de nouvelles expériences où le son pourrait être
étudié sous cette forme visible, bien plus facilement obser-
vable.

L'idée de suivre des vibrations données à l'aide de la lu-
mière, n'est pas neuve en elle-même. Presque toutes les
études acoustiques des derniers temps reposent sur l'emploi
de ce procédé. Ce serait reprendre tout à fait l'histoire récente
de cette branche de la science que de dire l'origine et le dé-
veloppement de cette méthode. Il n'entre point dans notre
cadre de le faire; citons en passant, presque au hasard, les
belles expériences sur les figures sonores de M. Lissajous,
les études sur les verges vibrantes de Wheatstone et surtout
les expériences entreprises par M. Henry Edmunds avec un
appareil auquel il avait donné le nom de phonéidoscope.

Le procédé électrique employé par M. Coulon n'est pas
non plus nouveau, et il prend soin d'en avertir.

Il y a assez longtemps déjà qu'on a employé les tubes de

EXPOSITION INTERNATIONALE D'ÉLECTRICITÉ DE MUNICH

LES LAMPES ÉLECTRIQUES

Les brûleurs à arc

Les lampes à arc réparties dans le Palais de Cristal ne comprenaient guère que des régulateurs à division. La bougie *Jablochkoff*, exposée avec une alternative de Gramme par la Direction générale du trafic, ne fut pas allumée et ne figura, en somme, que comme pièce historique.

Parmi les régulateurs, on retrouvait d'abord la lampe différentielle bien connue de *Siemens et Halske* ⁽¹⁾; six appareils de ce type étaient exposés par la Direction générale du trafic.

La maison *Riedinger* fournissait en outre deux lampes différentielles de 4000 bougies pour l'atelier photographique disposé dans le palais, et dix-huit lampes de 1200 bougies placées en différents endroits.

Une autre lampe, sur la description de laquelle nous n'avons pas à nous étendre, est celle de *Brush* ⁽²⁾. Exposées par M. E. Seeligmann et installées dans le Palais et dans la Brienner-Strasse, les lampes *Brush* n'ont fonctionné que fort peu de temps.

Les lampes *Weston* ⁽³⁾, assez analogues aux lampes *Brush*, étaient exposées par M. Gottlob-Schæffer, de Göppingen; elles

éclairaient, entre autres, le salon de peinture.

Une lampe largement représentée à l'exposition de Munich, était celle de *Piette et Krizik*, connue aussi sous le nom de lampe *Pilsen* ⁽⁴⁾. On se rappelle le principe de cet appareil. Un noyau de fer doux A (fig. 59) est, comme dans la lampe *Siemens*, soumis à l'action de deux solénoïdes, l'un S à gros fil parcouru par le courant principal, l'autre S à fil fin en dérivation sur l'arc. Mais ce noyau, au lieu d'être cylindrique, est formé par deux longs

cônes réunis par leurs bases et il résulte de cette forme que l'effort exercé par les solénoïdes sur le noyau ne varie plus suivant la position de celui-ci, comme dans le cas d'un noyau cylindrique, mais reste constant sur une longueur égale environ à la moitié du noyau.

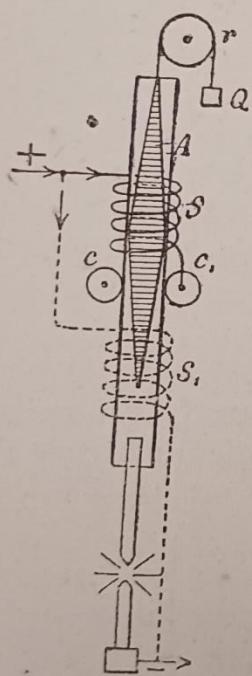


FIG. 59

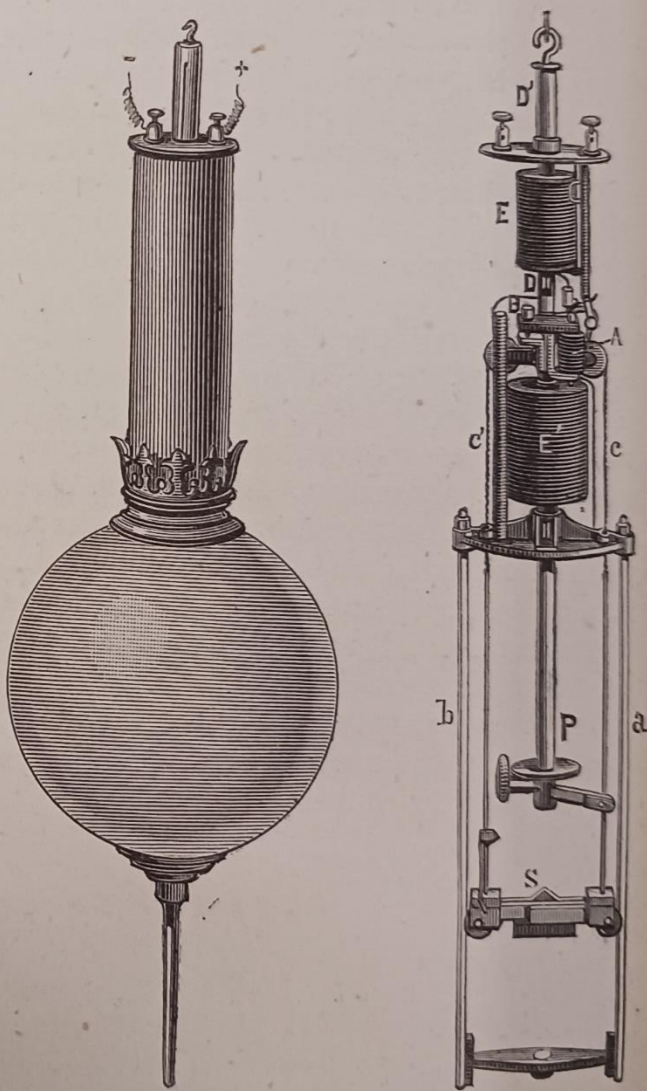


FIG. 60

Celui-ci peut donc porter directement le charbon supérieur et le régler, par suite de l'action différentielle, sans l'intermédiaire d'un rouage. Que l'on remplace par le porte-crayon inférieur le poids Q, destiné à équilibrer le noyau, on a la lampe *Pilsen* dans sa forme la plus répandue (fig. 60), dans laquelle les deux charbons vont à la rencontre l'un de l'autre. Cette lampe fonctionne, d'une façon générale, d'a-

(1) Voir *La Lumière Electrique*, numéro du 1^{er} mars 1880.

(2) Voir *La Lumière Electrique*, numéro du 2 juillet 1881.

(3) Voir *La Lumière Electrique*, numéro du 7 sept. 1881.

(4) Voir *La Lumière Electrique*, numéro du 16 nov. 1881.

près le principe différentiel; elle est cependant munie en A d'un dispositif destiné à empêcher la combustion des porte-charbon quand les charbons sont usés, et à assurer la continuité du circuit général des lampes quand l'une d'elles cesse de fonctionner.

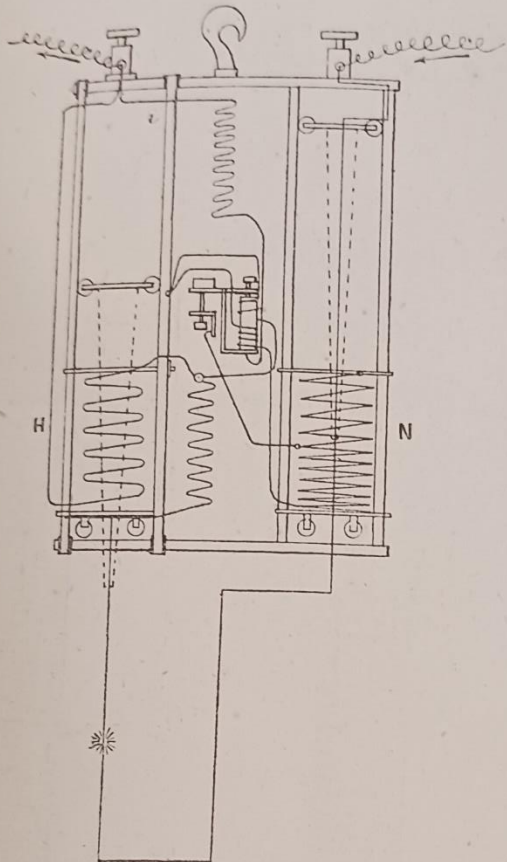


FIG. 61

tionner. Le courant arrive par la borne de droite dans le solénoïde E; en le quittant, il va par une spirale à la tige isolée *b*, et de là, par le galet, au porte-charbon inférieur S. D'autre part, il va aussi de E à la tige isolée *a* et à S à travers le petit

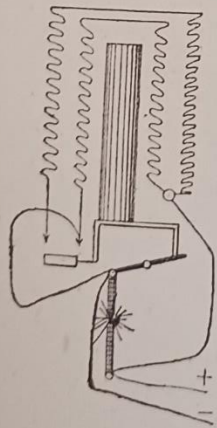


FIG. 62

électro-aimant A. Le solénoïde E' en dérivation sur l'axe est formé de deux bobines en fil de maillechort, l'une en fil fin, l'autre en gros fil. Tant que la lampe fonctionne normalement, l'armature de A reste attirée, et les deux fils de E' sont reliés en tension. Quand les charbons sont près d'être usés,

le galet droit de S rencontre sur *a* une incrustation isolante; le courant cesse de traverser A, qui relâche son armature et produit un contact en B. Ce contact enlève du circuit le fil fin de E'; le solénoïde E devient prépondérant et écarte les charbons.

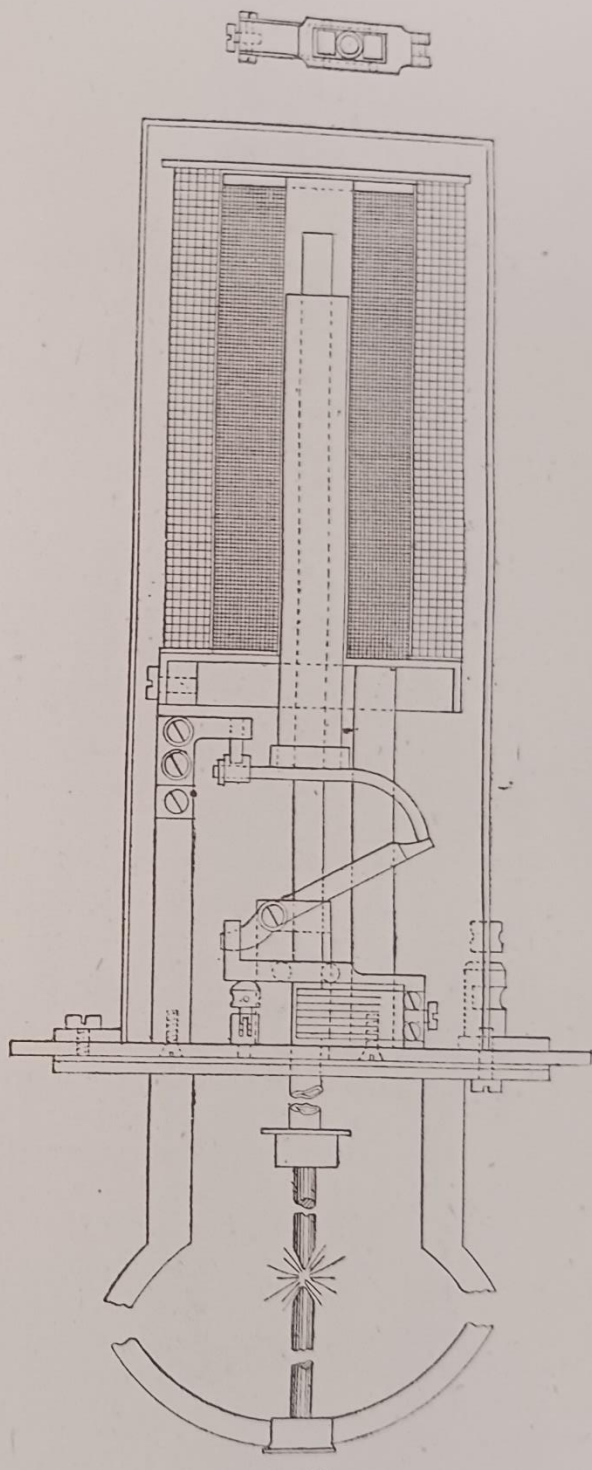


FIG. 63

Pendant que cette opération se produit, et avant que les charbons ne soient écartés, le courant continue à arriver en S à l'arc par la tige *b*. Une fois l'écart produit, le courant traverse la lampe par la borne de droite, un fil en spirale, moins résistant que E, et qui relie cette borne au bâti de A, ce bâti, le gros fil de E', la cage de l'appareil et la borne de gauche.

Le courant peut être ainsi transmis à la lampe suivante; en cas d'extinction accidentelle, il suit la même route.

Dans un nouveau modèle de lampe Pilsen qui se trouvait à l'Exposition de Munich (fig. 61), le noyau

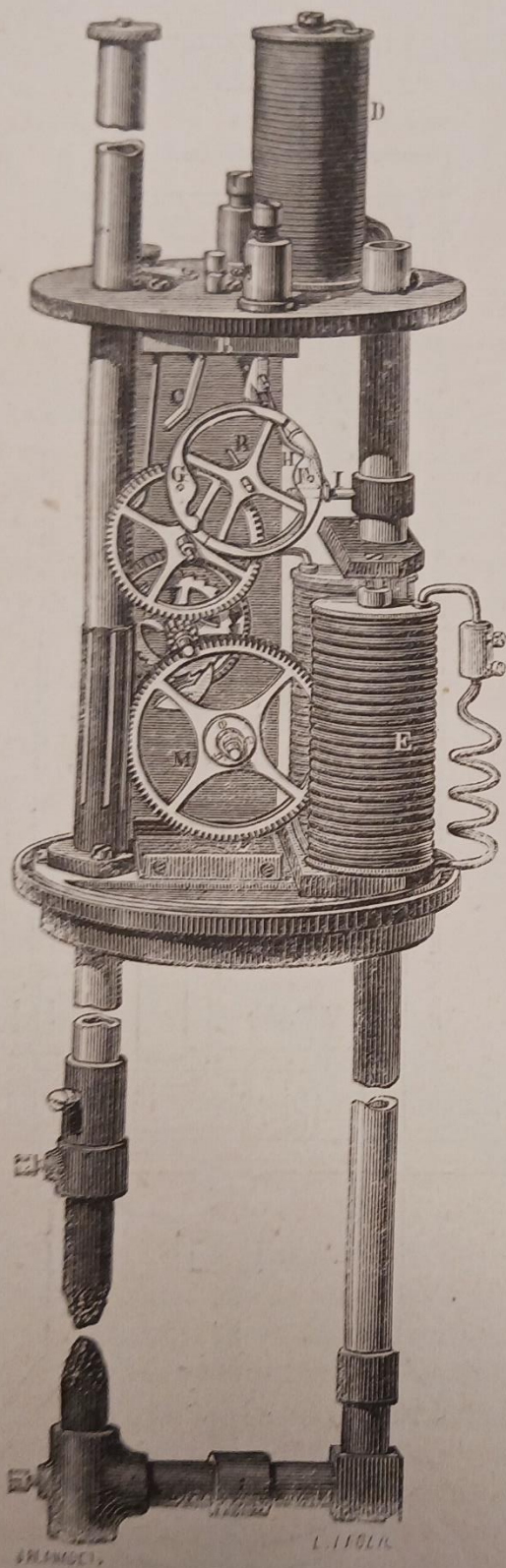


FIG. 64

est divisé en deux parties coniques suspendues à une poulie (non représentée sur la figure); chacun d'eux mène un des porte-charbon et les solénoïdes sont côte à côte au lieu d'être superposés. L'action est d'ailleurs, à peu de chose près, la même que précédemment.

M. Schuckert avait exposé dans le Palais 13 de

ces lampes Pilsen dont deux munies de réflecteurs et de verres colorés éclairaient les jets d'eau.

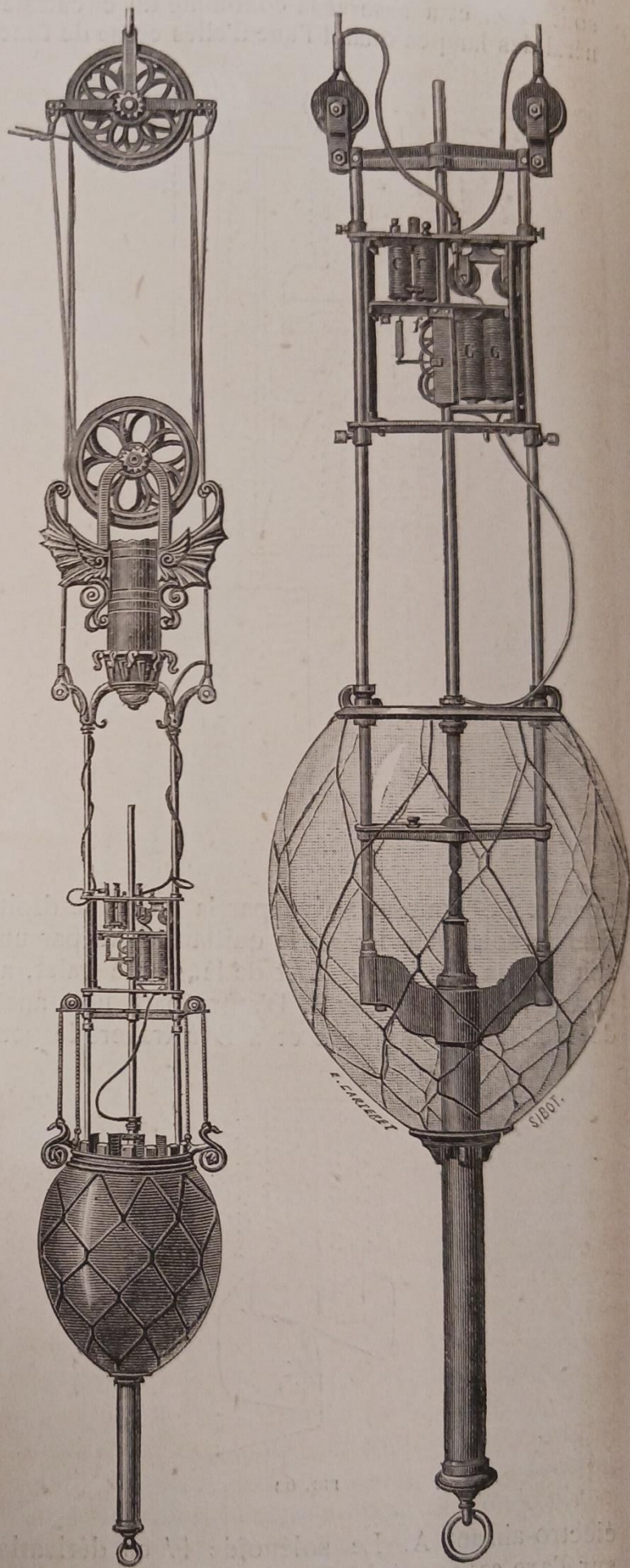


FIG. 65 ET 66

La lampe Schulze (fig. 62 et 63) est munie de deux solénoïdes, mais un seul, monté en dériva-



FIG. 67. — ÉCLAIRAGE EXTÉRIEUR DE LA CHAPELLE

tion sur l'arc, sert au réglage. Le noyau de fer creux traversé par le porte-charbon, porte une tige courbe agissant sur un levier oblique pour soulever un coinçage à galets (représenté à part en haut de la figure) qui retient le porte-charbon supérieur auquel le courant arrive par un frotteur.

Lorsqu'on lance le courant, il passe dans le solénoïde, et soulevant le noyau, dégage le coinçage et laisse tomber le charbon supérieur. Dès qu'il y a contact, le courant ne passe plus dans le solénoïde, mais au travers des charbons; le noyau retombe et le charbon supérieur

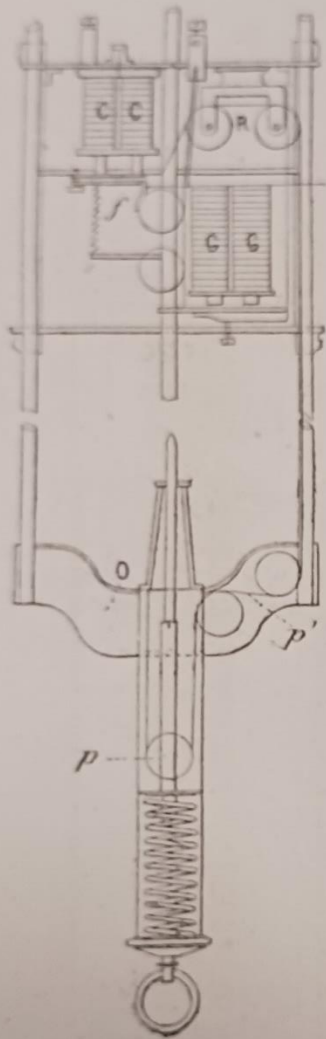


FIG. 68

se trouve arrêté, l'arc se forme par suite, le courant passe de nouveau dans le solénoïde, et, quand l'écart devient trop grand, le noyau étant attiré, le coinçage laisse descendre le charbon supérieur. Quand les charbons sont brûlés, le porte-charbon supérieur ne pouvant descendre au delà d'une certaine limite, tout le courant passe dans le solénoïde; le noyau est fortement attiré et la pièce coudée qu'il porte détermine un contact qui introduit dans le circuit le solénoïde extérieur de gros fil (voir fig. 62); le fer est alors très fortement retenu, et l'on peut aisément changer les charbons. Une lampe Schulze était exposée par M. Fein.

La lampe *Crompton*, à défilement de rouages sous l'influence du poids du porte-charbon supérieur, a affecté successivement plusieurs formes.

La fig. 64 représente celle qui figurait à l'Exposition de Paris, en 1881. L'écart des charbons était produit par l'électro E, placé dans le circuit; un autre électro D, en dérivation sur l'arc, commandait le frein du rouage.

Le type exposé à Munich est représenté dans les fig. 66 et 68. La figure 65 montre un système de suspension employé pour cette lampe. Le mé-

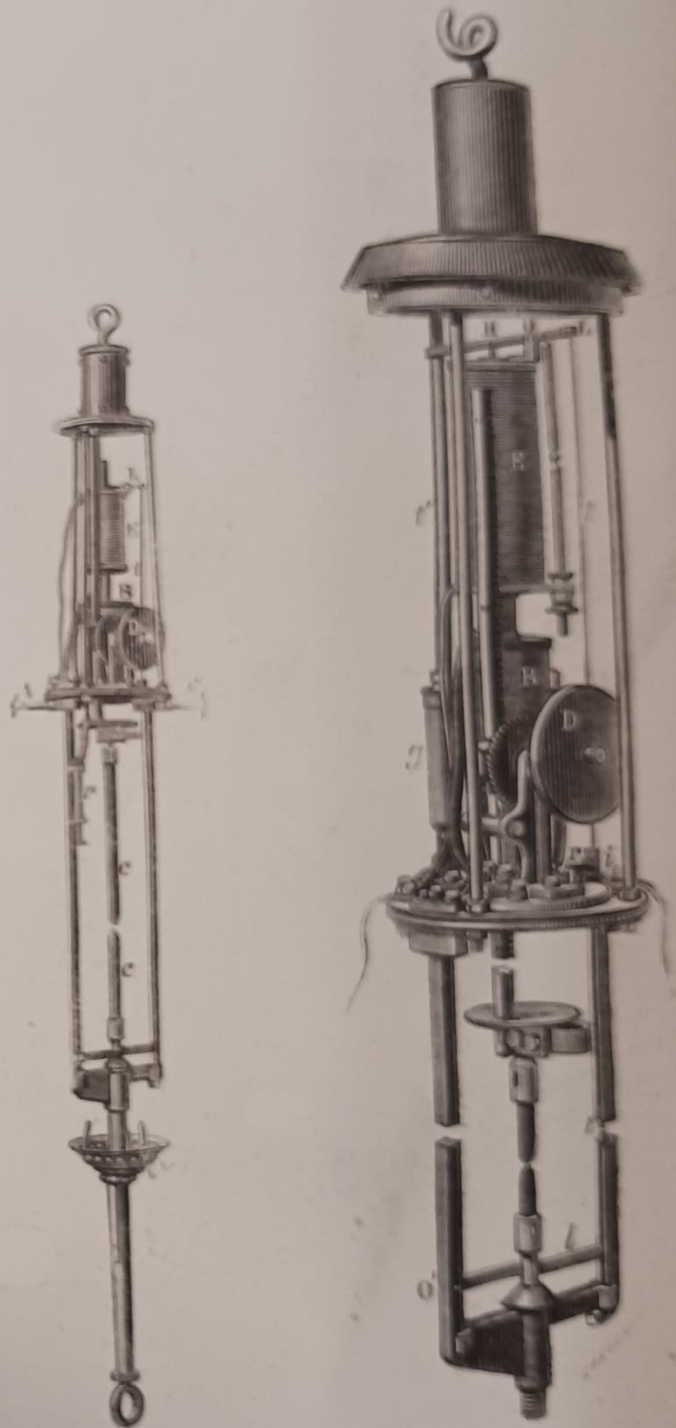


FIG. 69 ET 70

canisme régulateur fonctionne à l'aide de deux électro-aimants insérés l'un G G dans le circuit principal, l'autre CC en dérivation sur l'arc. Les charbons étant en contact, le courant traverse G G et celui-ci, attirant son armature, soulève tout le rouage et produit l'écart. Une portion du courant passe alors dans CC et quand la résistance de l'arc devient trop grande, CC attire son armature et en même temps le frein F qui embrayait le rouage; le défilement du charbon supérieur peut alors avoir lieu. En même temps le charbon infé-

rieur s'élève, entraîné par un fil qui passe sur les poulies Rp' et p , de sorte que le foyer est fixe. La maison Crompton avait exposé trois de ces régulateurs, deux éclairaient l'extérieur de la chapelle (voir la fig. 67) et un l'intérieur.

Dans la lampe *Schwerd et Scharnweber*, fig. 69 et 70, les deux solénoïdes différentiels ordinaires sont employés seulement à produire l'allumage et à déclencher le rouage qui laisse défiler le porte-charbon supérieur. Les charbons étant au contact, le courant passe dans le solénoïde à gros fil E ; une tige que porte le noyau soulève le levier HOL et par l'intermédiaire de la tige tt abaisse le levier $O'l$, ce qui produit l'écart. L'arc une fois formé, lorsque sa résistance augmente, l'action de B diminue, $O'l$ se relève et un appendice i que porte la tige, agissant sur un déclic r , libère le rouage et permet le défilement du charbon supérieur. Quand les charbons sont usés, la crémaillère établit auto-

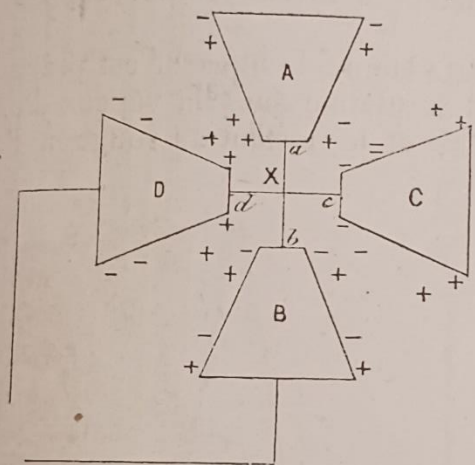


FIG. 71

matiquement un court circuit; g est un amortisseur pour régulariser les mouvements du noyau. Quatre lampes *Schwerd et Scharnweber* étaient placées à l'extrémité du côté droit du Palais de Cristal et ont fort bien fonctionné.

Citons encore, parmi les lampes à arc, toute une série de régulateurs dus à M. Franz Schmidt de Prague. Le principe en est représenté dans la fig. 72. Chacun des électros $ABCD$ a deux enroulements, fil gros et fil fin; le fil gros des quatre électros forme avec l'arc le circuit principal et le sens de l'enroulement est tel que, quand le courant passe, B et D tendent à s'écarter ainsi que A et C . Le fil fin, en dérivation sur l'arc, forme un circuit enroulé de telle façon que sous l'influence du courant, qui le traverse, B et D ainsi que A et C tendent au contraire à se rapprocher. Quand la lampe fonctionne, ces deux actions s'équilibrent pour produire entre les charbons l'écart normal; lorsque l'arc devient trop grand, le courant de rapprochement augmente et les charbons se trouvent ramenés à leur position primitive.

Les fig. 73 et 76 représentent deux applications

de ce principe avec 4 et 2 électros. Dans l'appareil de la fig. 74, les deux électros BB' s'attirant et se repoussant sont montés sur des rails R et guidés par une tige T ; dans celui de la fig. 75 les mouvements des électros sont transmis aux charbons par un double système de crémaillère. Enfin, dans la lampe de la fig. 72 les actions exercées entre A et B

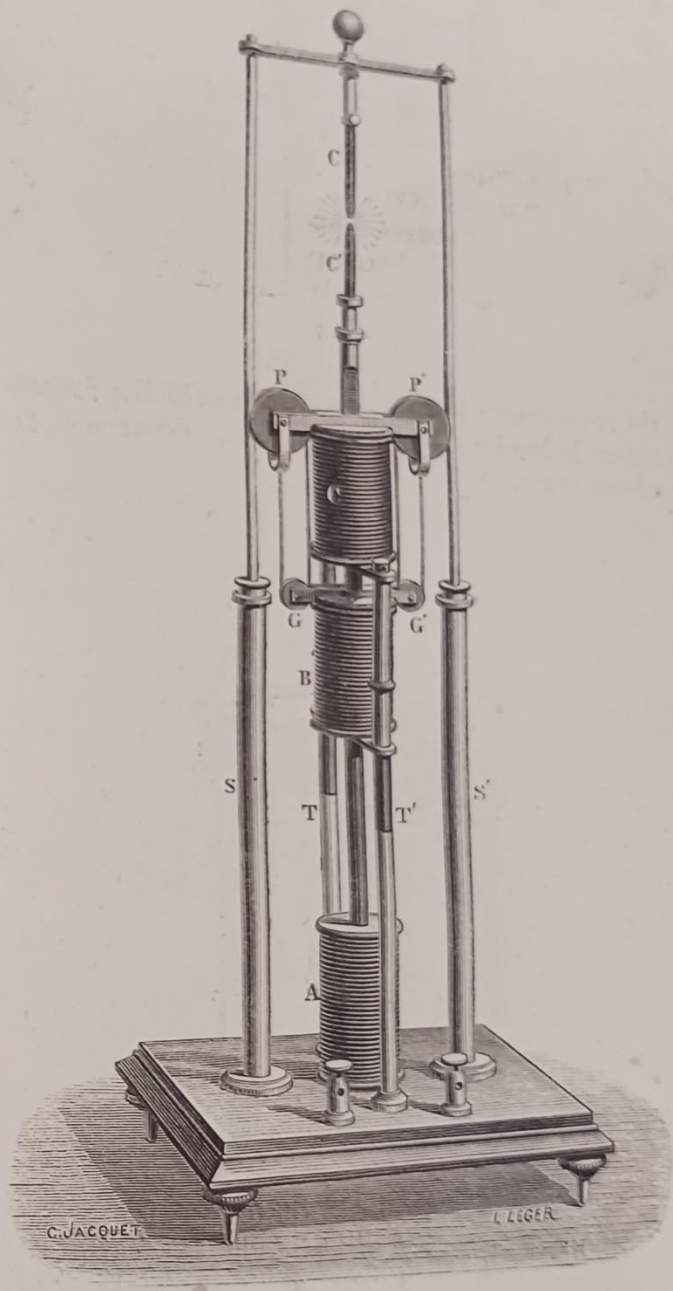


FIG. 72

sont combinées avec celles qui ont lieu entre B et C .

Tous ces appareils sont évidemment ingénieux, mais ils n'ont absolument aucune valeur pratique. Un d'entre eux a pourtant fonctionné pendant une heure et demie à l'Exposition.

Lampes à incandescence.

Les lampes d'*Edison*, *Swan*, *Maxim* et *Muller-Nothomb* sont trop connues pour que nous ayons

à nous étendre sur les détails de leur construction. Nous dirons seulement qu'à Munich, les lampes Edison éclairaient, la scène, le restaurant, le ca-

binet de lecture, une partie des galeries et l'Arcisstrasse sur une longueur de 300 mètres; les lampes Swan éclairaient le vestibule et le jardin

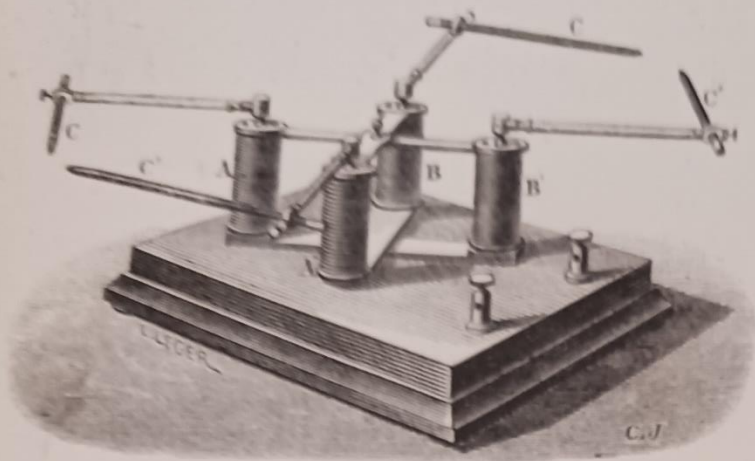


FIG. 73

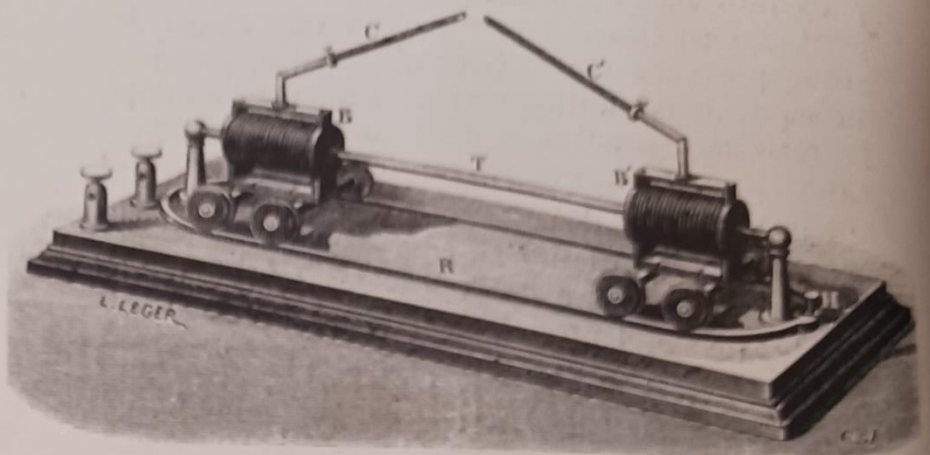


FIG. 74

du restaurant; les lampes Maxim et Muller fournissaient la lumière à quelques pièces contenant des objets d'art.

nouvelle lampe à incandescence exposée par M. Cruto.

Dans cette lampe, le filament est préparé en plaçant un fil de platine dans la vapeur d'un carbure d'hydrogène et le portant au rouge à l'aide d'un

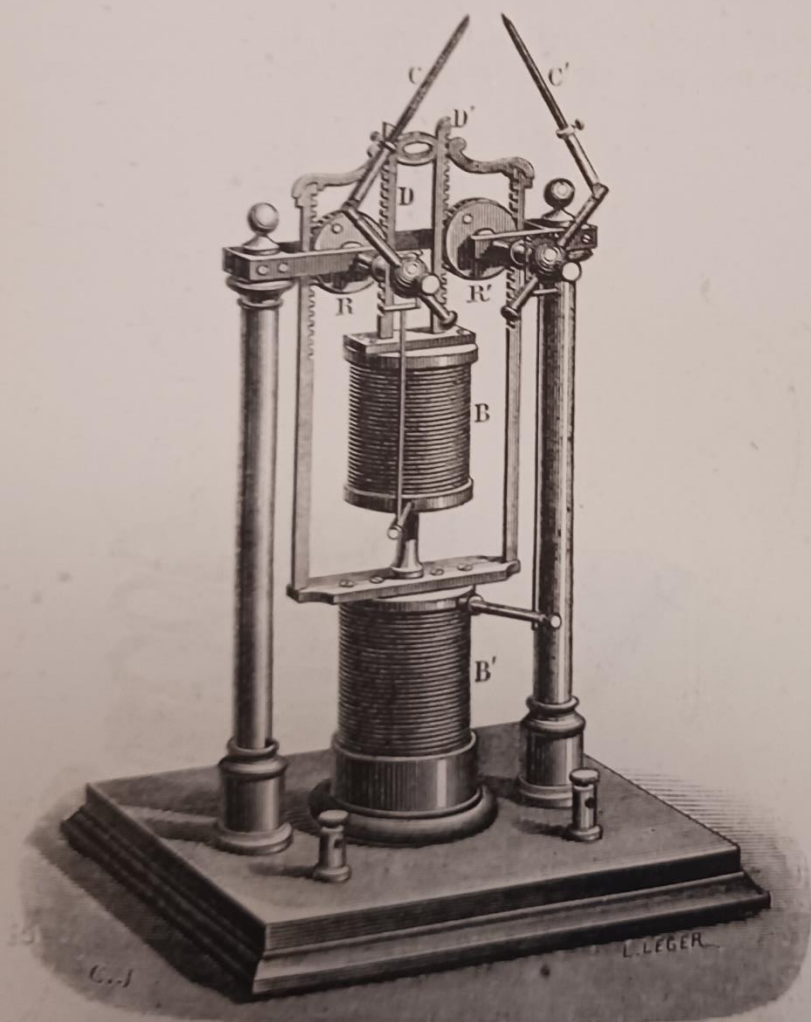


FIG. 75

MM. Greiner et Friedrichs de Stutzenbach avaient également exposé des lampes à incandescence dans lesquelles les filaments de charbon sont obtenus avec de la suie et du graphite agglomérés au moyen de goudron.

Mais l'attention avait été surtout attirée par une

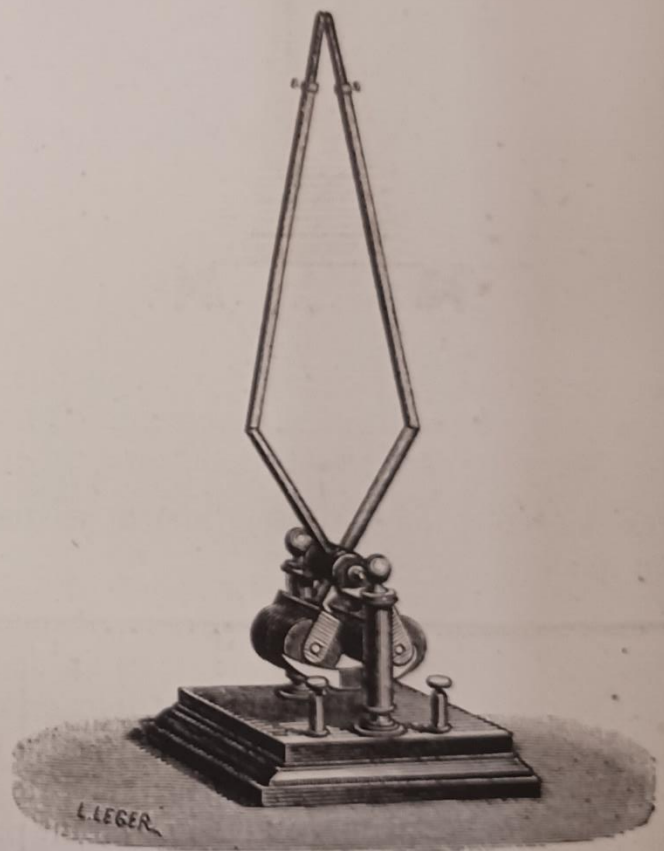


FIG. 76

courant; le carbure dissocié dépose du carbone. En augmentant ensuite l'intensité du courant, on volatilise le platine et il reste un tube. Dans les lampes de Munich (fig. 77), le fil de platine était du fil ordinaire, mais très fin, et tourné en spirale. Dans les lampes construites depuis (fig. 79), le fil de platine employé est du fil à la Wollaston, et le filament est seulement courbé en U. Il jouit d'une

très grande élasticité. On le fixe (fig. 78) par une sorte de soudure autogène à l'aide de deux pinces bornes PP', qui servent à la fois à saisir les électrodes et à amener un courant un peu fort.

La résistance du filament qui était autrefois de 8 ohms, s'est élevée à 70 ohms, 2 pour les lampes de 16 bougies, et à 140 ohms pour celles de 32 bougies. Le mode de fabrication permet d'ailleurs de régler la résistance pendant la fabrication. Les lampes Cruto sont de quatre types, les unes à un seul charbon (fig. 79), de 4, 8 et 16 bougies, les autres

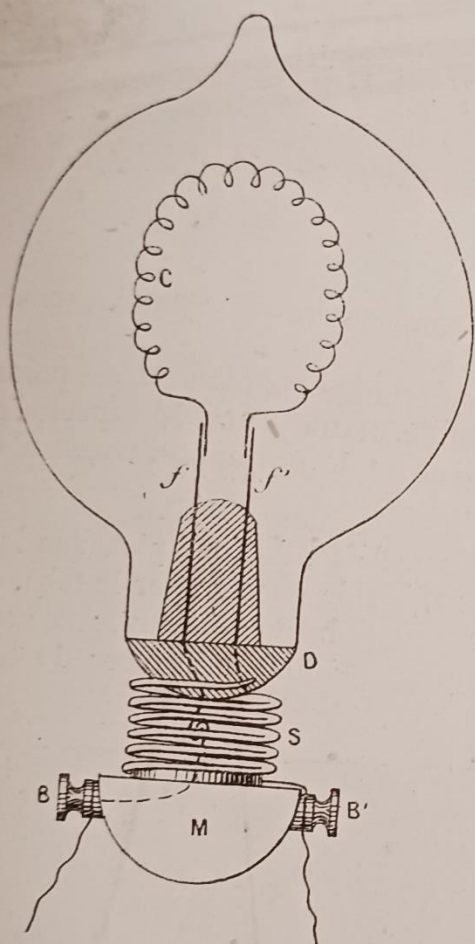


FIG. 77

à deux charbons, que l'on peut mettre en tension ou en quantité.

	E Volts	I Am- pères	EI Volt- Am- pères	L Inten- sité lumi- neuse en carcels	$\frac{EI}{L}$ Volt- Am- pères par carcel
Expériences faites à Paris avec 1 lampe à 2 charbons en quantité (32 boug.):					
1 ^{re} expérience.	57,60	1,76	101,37	4,35	23,3
2 ^e —	63,60	1,90	120,84	7,10	17,01
Expériences faites à Londres :					
Type de 16 bougies. .	58,00	0,80	46,40	2,06	22,51
— 8 —	36,00	0,80	28,08	0,91	31,60
— 4 —	21,00	0,87	18,87	0,79	22,88

Le tableau ci-dessus donne les résultats de quelques expériences faites avec ces lampes. Il montre que la quantité moyenne de volt-am-

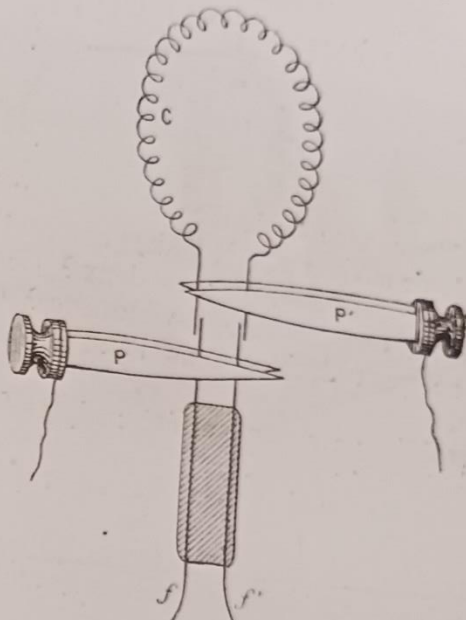


FIG. 78

pères dépensée par carcel est de 25, ce qui est une dépense peu élevée. D'après l'auteur, ce bon ren-

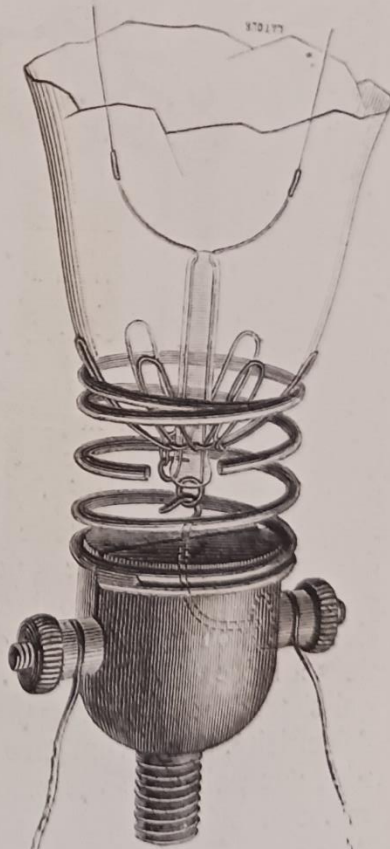


FIG. 79

dement est dû à la petite section du filament et peut être aussi à son éclat métallique qui tiendrait à diminuer la quantité de chaleur émise.

AUG. GUEROUT.



IMITATION
PAR LES COURANTS LIQUIDES OU GAZEUX
DES
PHÉNOMÈNES D'ÉLECTRICITÉ
ET DE MAGNÉTISME ⁽¹⁾

L'électricité est-elle un fluide particulier, simple ou double, comme on le dit généralement ? Est-ce un mode de mouvement de l'éther universel, ou de la matière pondérable, ou des deux ? Ce mouvement est-il ondulatoire ou vibratoire ? C'est ce qu'on ne peut décider dans l'état actuel de la science.

Le problème a cependant été maintes fois attaqué de différents côtés, par de savants mathématiciens, par de nombreux et habiles expérimenta-

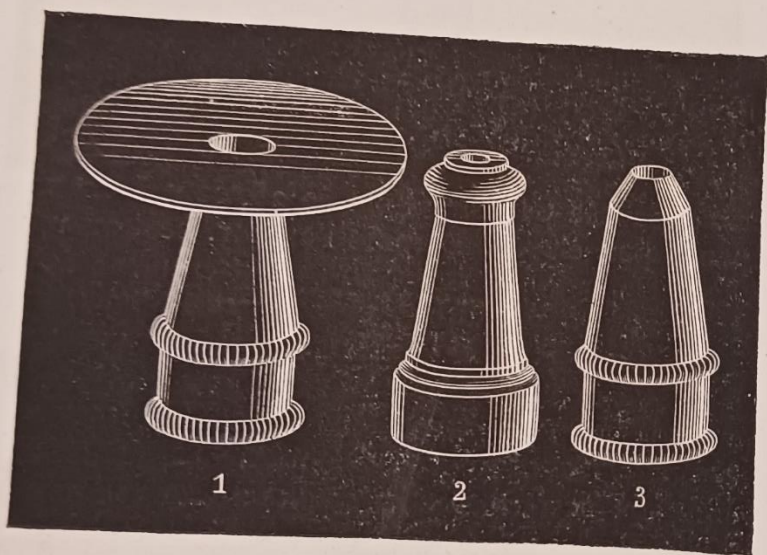


FIG. 1 A 3

teurs; mais aucune solution définitive n'est encore sortie de ces laborieuses recherches.

Je ne saurais avoir la prétention de trancher une question aussi délicate et aussi controversée; mais j'apporte à l'appui de l'une des hypothèses auxquelles je viens de faire allusion, un ensemble démonstratif d'expériences nombreuses qui établissent une frappante analogie entre les phénomènes électriques ou magnétiques et les effets que j'obtiens à l'aide de courants liquides ou gazeux; effets qui s'étendent aux diverses parties principales de l'électricité, et qui vont être successivement examinées aux points de vue mécanique, physique, chimique et même physiologique, en se bornant au côté purement expérimental de la question.

(1) *La Lumière Électrique* a donné, en 1882, divers extraits des *Comptes rendus* de l'Académie des Sciences concernant les expériences hydrodynamiques de M. Decharme. L'auteur se propose de faire connaître dans ce journal la suite de ses recherches, de résumer l'ensemble et d'en formuler les conclusions.

EFFETS MÉCANIQUES

1° Imitation, par les courants liquides, des phénomènes d'électro-magnétisme et d'induction.

Si, à l'extrémité d'un tuyau d'arrosage, alimenté par les eaux de la ville, on adapte un disque de 0^m,07 à 0^m,08 de diamètre, affleurant l'ouverture et qu'on approche ce disque, à quelques millimètres

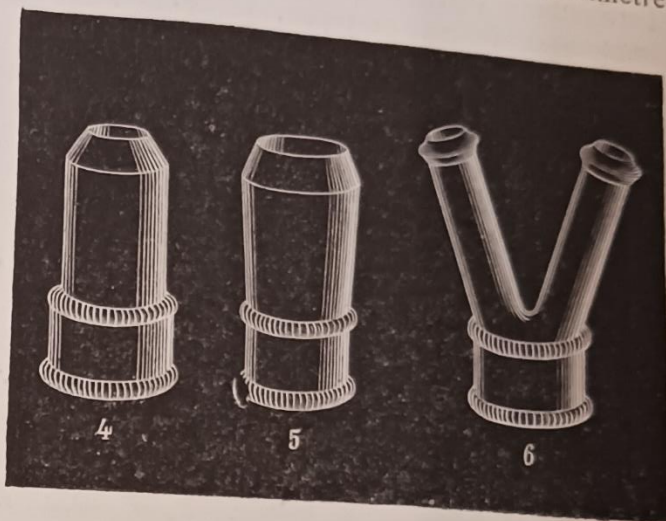


FIG. 4 A 6

d'un sol carrelé ou du fond plat d'un vase, dès que le courant liquide passera par le tube, celui-ci sera attiré contre l'obstacle fixe avec une énergie assez grande qui dépendra de la force du courant et du



FIG. 7 A 11

diamètre du disque. L'attraction n'amène pas le disque jusqu'au contact; mais quand on veut soulever le tuyau, on éprouve une résistance assez grande due à la différence de pression qui s'exerce d'une part sur le disque et de l'autre sur le liquide dans l'intervalle.

Hydro-aimant à courant continu. — L'expérience précédente est l'image d'un électro-aimant qui reste actif tant que dure le courant électrique

et qui cesse immédiatement avec lui. En remplaçant le disque adapté au tube par un ajutage à disque (fig. 1) qui se visse à l'extrémité de la lance, ou seulement par un ajutage à bords épais de 0^m,003 à 0^m,004 (fig. 2), on obtient encore une attraction. Mais si l'on y substitue un ajutage à bords tranchants ou simplement minces, de 0^m,001 à 0^m,002 d'épaisseur, cylindrique ou conique (fig. 3, 4, 5), l'attraction se change en *répulsion*; fait sans analogue parmi les phénomènes d'électro-magnétisme.

Les effets d'attraction ou de répulsion sont plus forts avec les ajutages convergents qu'avec les ajutages cylindriques et plus marqués avec ces derniers qu'avec les ajutages divergents.

D'après ces effets, on conçoit comment on peut produire un hydro-aimant à deux pôles contraires, l'un attractif, l'autre répulsif, ou à deux pôles de même nom.

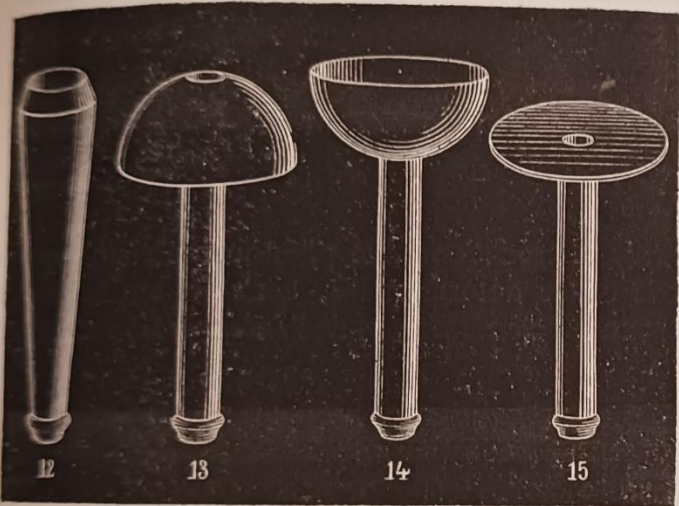


FIG. 12 A 15

Hydro-aimant à courants discontinus. — Vibrations hydrodynamiques. — Les dispositions étant les mêmes que pour un hydro-aimant à courant continu, l'ajutage étant à bords épais, l'ouverture très près du plan fixe, si l'on soulève un peu le tube (pour amorcer le mouvement) et qu'on l'abandonne à lui-même, il accomplira spontanément des vibrations verticales, assez rapides pour produire un son régulier. Cet effet est analogue à celui d'un *électro-aimant* placé sous l'influence d'un courant électrique interrompu automatiquement, comme dans les trembleurs électriques.

Lorsqu'on tient à la main ce tube vibrant, on croirait avoir affaire à un véritable électro-aimant, tant sont rapides et forts les effets successifs d'attraction et de répulsion, tout à fait semblables à ceux de l'aimantation et de la désaimantation pour l'instantanéité et l'accroissement d'action à mesure que la distance diminue.

Le mouvement vibratoire a lieu également et

même d'une façon plus énergique, mais par répulsion, avec les ajutages à bords minces.

On peut, d'après cela, former un hydro-aimant vibrant, à deux pôles contraires; ou un appareil à

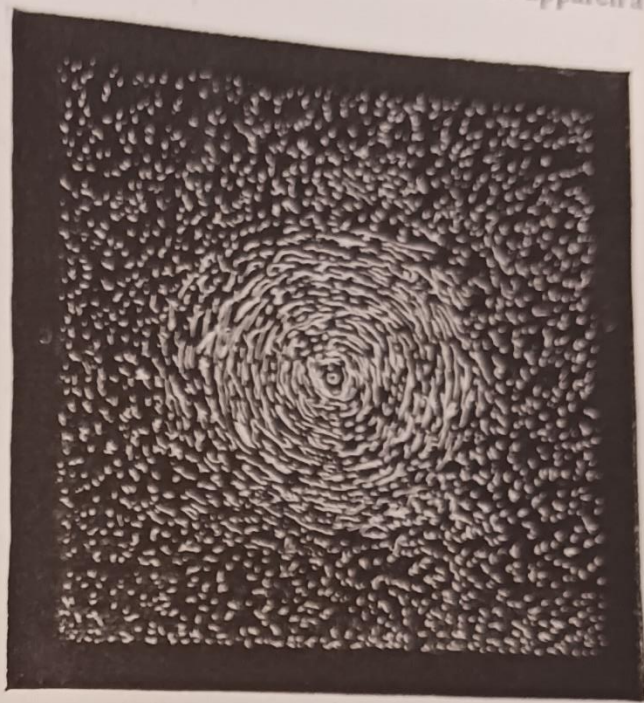


FIG. 10

double effet, en prenant deux ajutages légèrement convergents à bords minces.

On pourrait encore, pour compléter l'imitation,

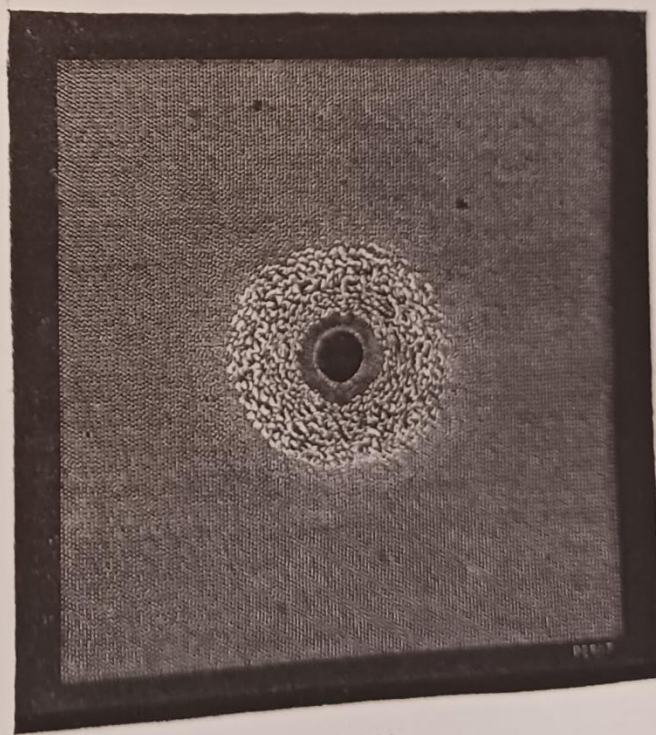


FIG. 10 bis

donner au tube la forme d'aimant en fer à cheval dont les deux extrémités seraient munies d'ajutages égaux. Mais en divisant ainsi un même courant en deux parties égales, l'effet total serait inférieur à

celui d'un courant unique; la division n'est pas moins défavorable pour l'eau que pour l'électricité. Cette expérience, avec l'appareil simple, ou avec l'appareil double, n'est pas seulement une imitation

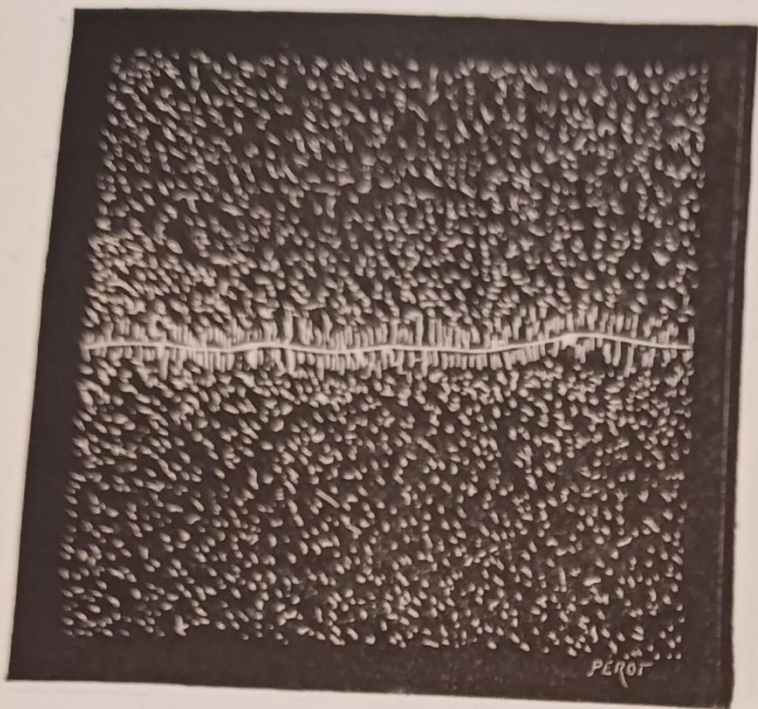


FIG. 17

abstraite du phénomène électro-magnétique, mais c'est une réalisation effective, semblable aux mouvements produits par les électro-aimants, sous l'in-

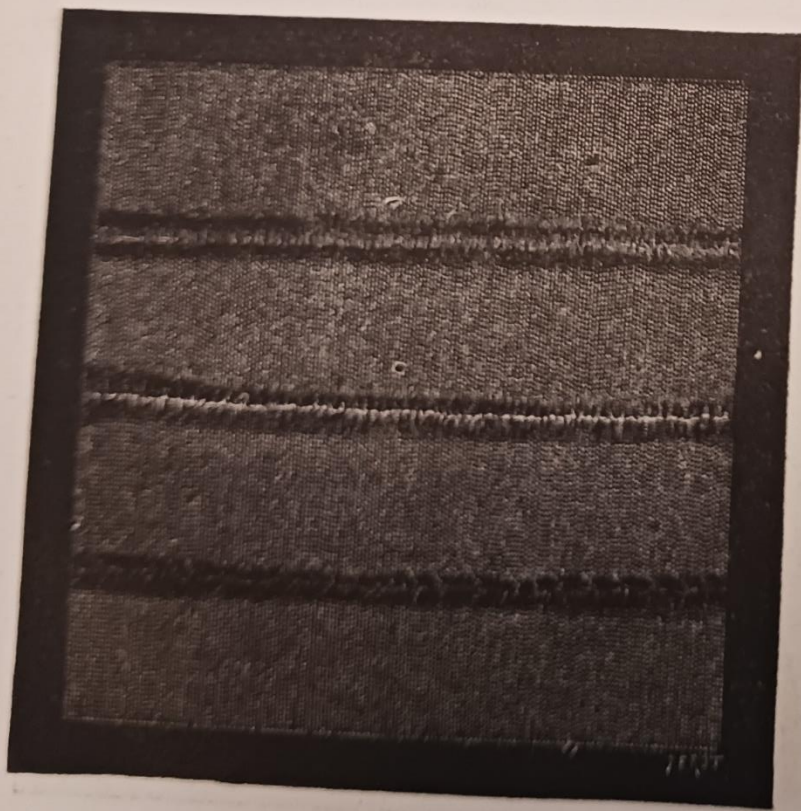


FIG. 17 bis

fluence d'un courant interrompu régulièrement; elle me paraît même susceptible de recevoir des applications dynamiques. Il est facile, en effet, d'imaginer des dispositions mécaniques propres à faire

de ce tube vibrant hydrodynamiquement, un petit moteur à grande vitesse, ou un interrupteur, ou un commutateur, un compteur, etc.

Hydro-induction. — Dans les mouvements vi-

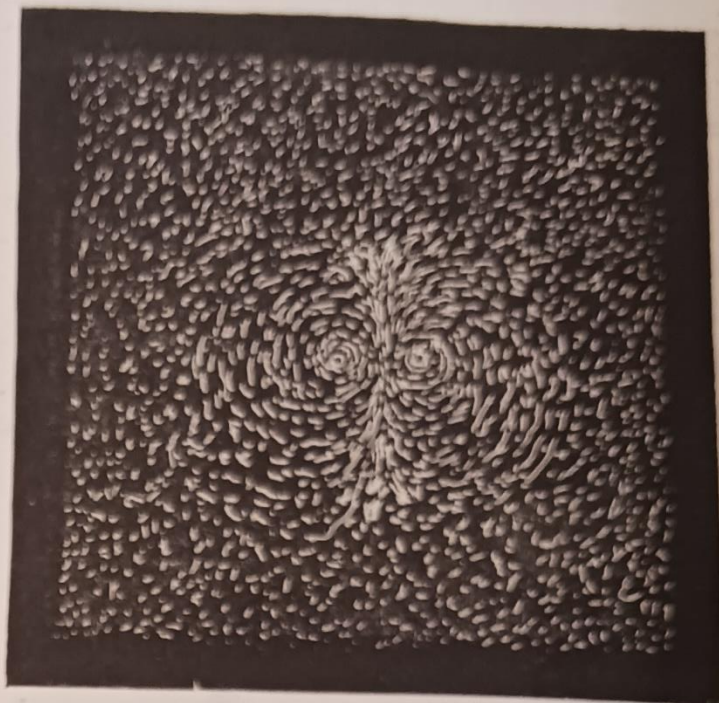


FIG. 18

bratoires précédents, le phénomène simple qui en est la cause déterminante, est celui qui se produit dans un tube au moment de l'interruption et du pas-

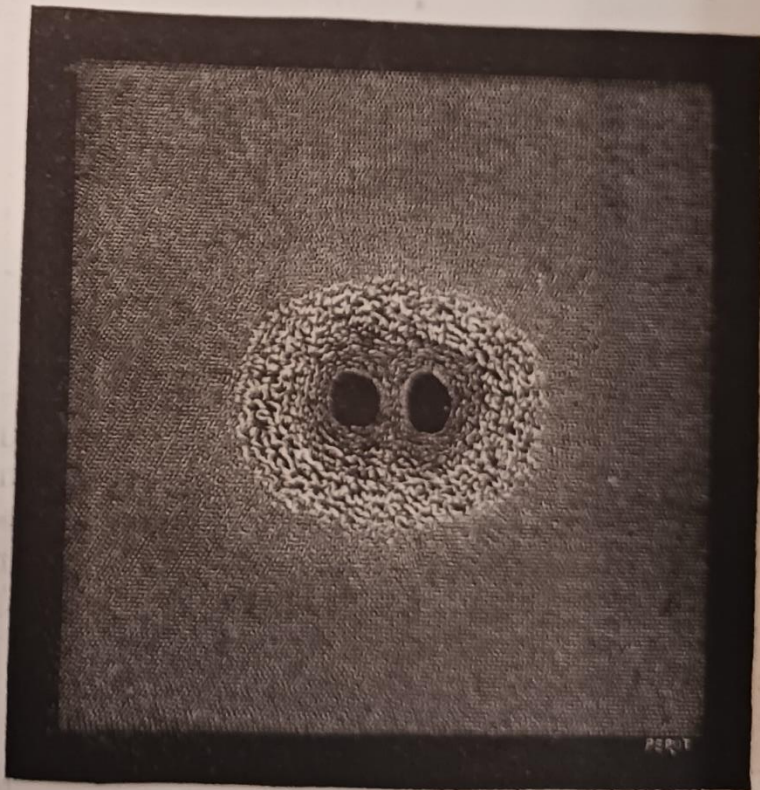


FIG. 18 bis

sage du courant liquide, l'extrémité du tube ouvert étant loin de tout obstacle. Au moment où l'on ouvre subitement le robinet qui donne passage au jet liquide, on sent dans le tube, tenu à la main,

un mouvement de *recul* très prononcé; et lorsqu'on ferme rapidement le robinet, on constate, au contraire, un mouvement qui entraîne le tube *en avant*; effets analogues, le premier à celui du tourniquet

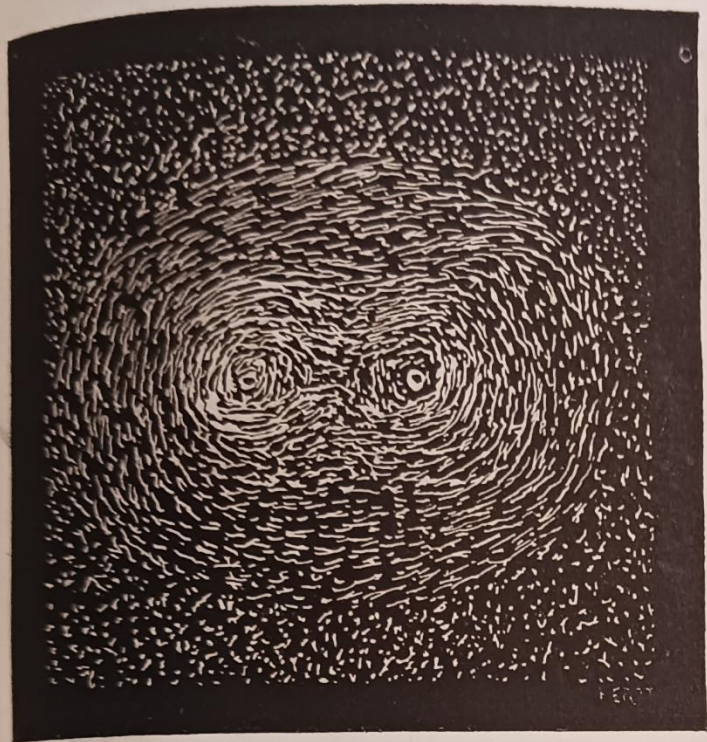


FIG. 19

hydraulique ou du char à réaction, le second au coup de bélier hydraulique produit par l'arrêt subit de la longue colonne liquide intérieure.

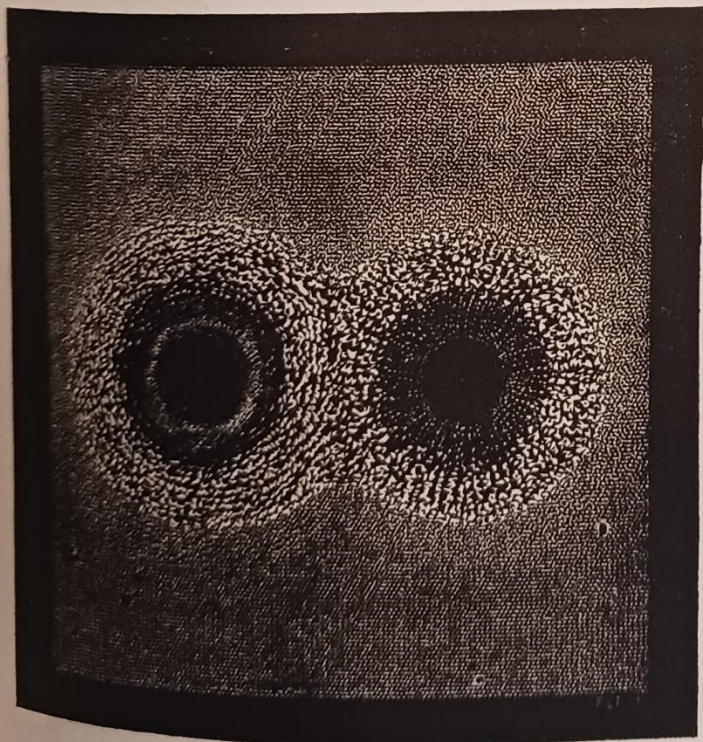


FIG. 19 bis

En comparant le courant liquide à un courant voltaïque *inducteur* et l'enveloppe, le tube, au fil *induit* qui entoure le fil inducteur, les phénomènes qui viennent d'être décrits sont analogues à ceux

qu'un courant électrique, alternativement ouvert et fermé, produit dans un fil induit. De plus, les mouvements hydrodynamiques sont instantanés comme les courants induits; c'est-à-dire ne se manifestant

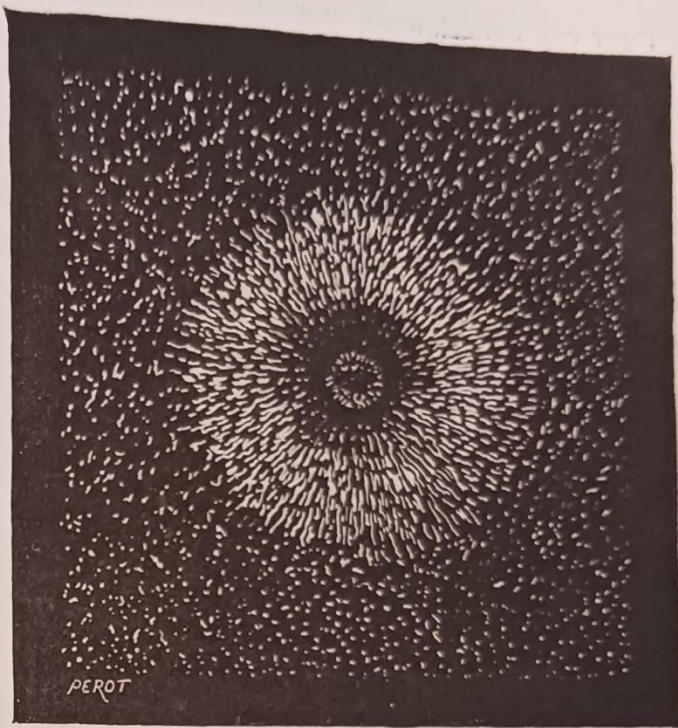


FIG. 20

qu'au moment même du passage ou de l'interruption du courant; pendant toute sa durée il n'y a pas d'effet dynamique. D'autre part, on sait que

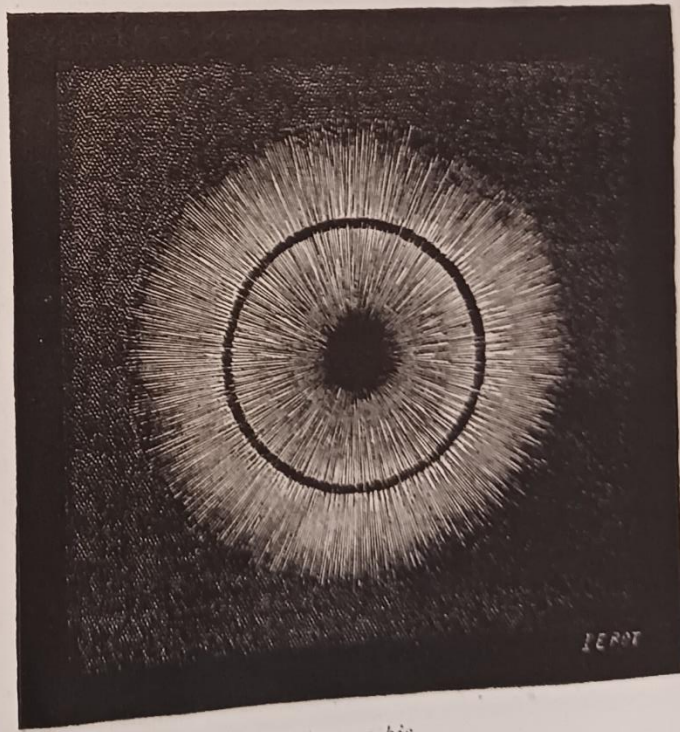


FIG. 20 bis

quand un courant électrique inducteur commence, s'accroît, diminue ou cesse, il détermine dans le fil induit un courant *inverse*, croissant, décroissant ou *direct*. Il en est absolument de même avec les

courants liquides; ce qu'il est facile de vérifier.

2° Imitation, par les courants liquides, des actions réciproques des courants électriques.

Pour ces expériences, j'ai adopté la disposition

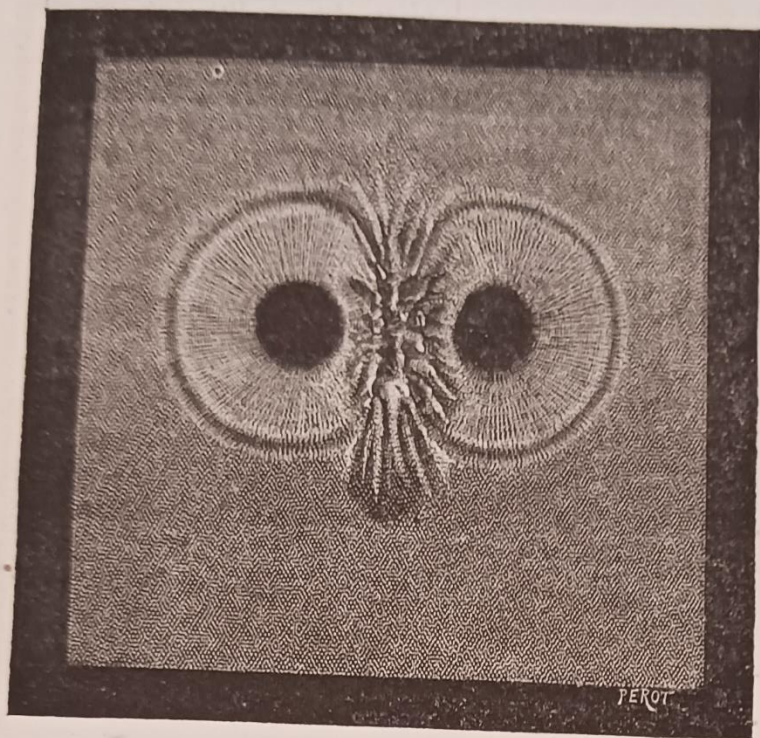


FIG. 21

suivante : A un ajutage à deux branches, en Y (fig. 6), qui se visse directement sur le tuyau d'ar-

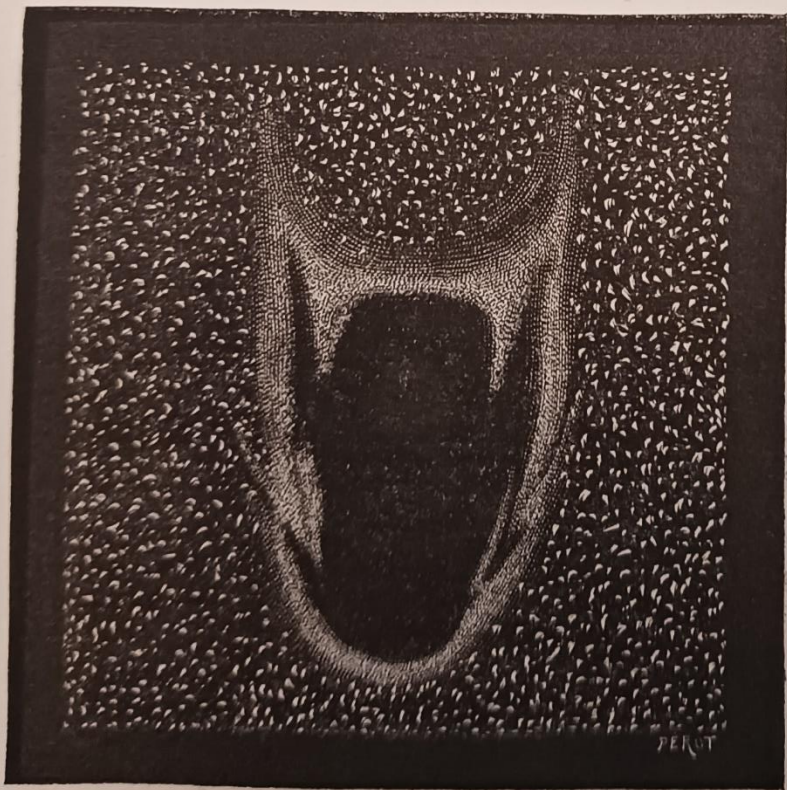


FIG. 22 a

rosage, sont fixés deux tubes en caoutchouc, de même diamètre et de même longueur ⁽¹⁾, à l'extré-

⁽¹⁾ Ces tubes ont chacun 1 mètre de longueur, 0^m,018 de diamètre intérieur et 0^m,0025 d'épaisseur. Les branches de

mité desquels on adapte les divers ajutages (fig. 7 à 15). On suppose que l'un, au moins, de ces tubes, est mobile.

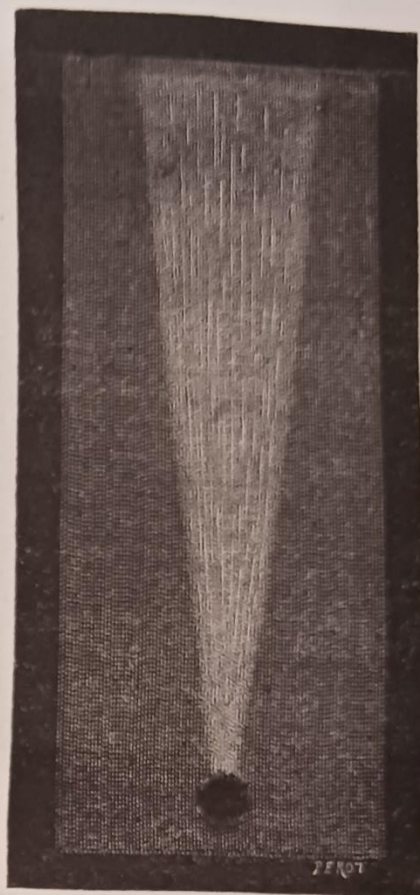


FIG. 22 b

Pour les courants liquides sortant (dans l'air ou dans l'eau) par deux tubes *sans ajutages*, courants parallèles, de même sens ou de sens contraire,

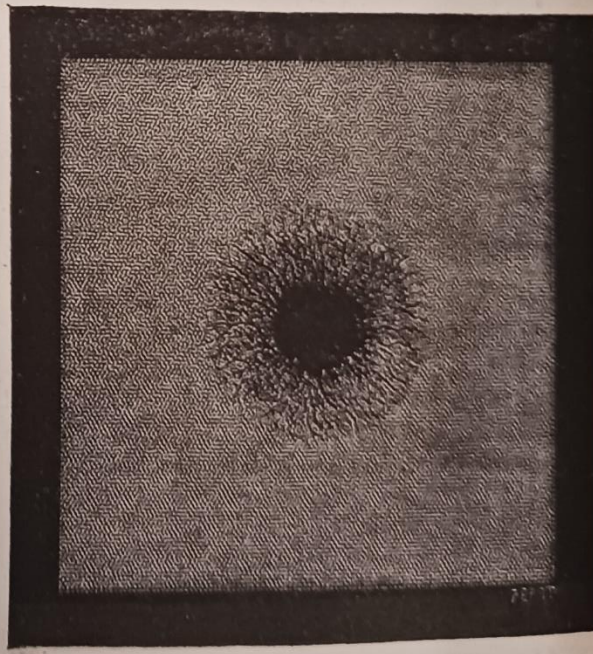


FIG. 23

courants angulaires, etc., j'ai trouvé les mêmes lois que pour les courants électriques. Mais avec

l'ajutage en Y ont le même diamètre intérieur que les tubes; le diamètre des ajutages est un peu moindre.

les tubes munis d'ajutages à bords épais (fig. 7, 8, 9) ou à disques (fig. 15), les résultats sont tout différents : deux courants de sens contraire et directement opposés s'attirent vivement (dans l'eau),

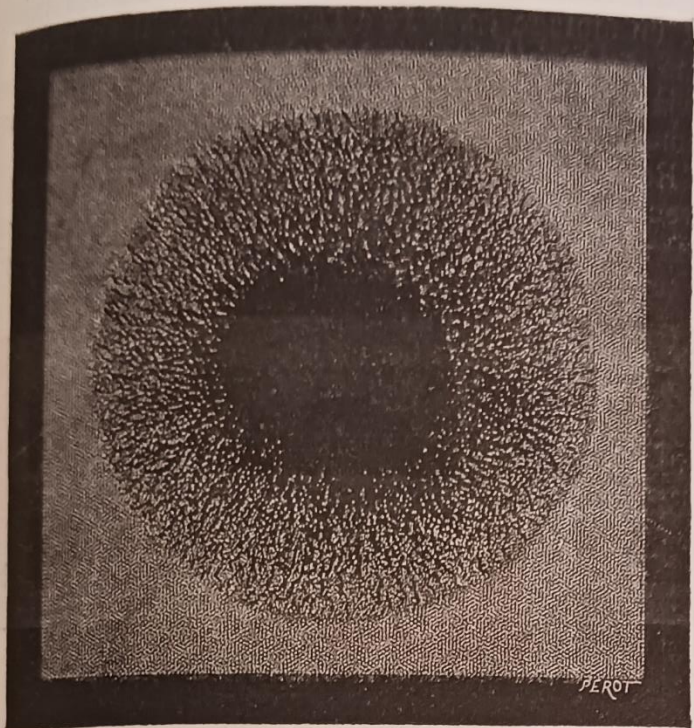


FIG. 24

dès que la distance qui sépare les ouvertures n'est plus que d'un centimètre environ; et cette attraction croît très rapidement à mesure que la distance

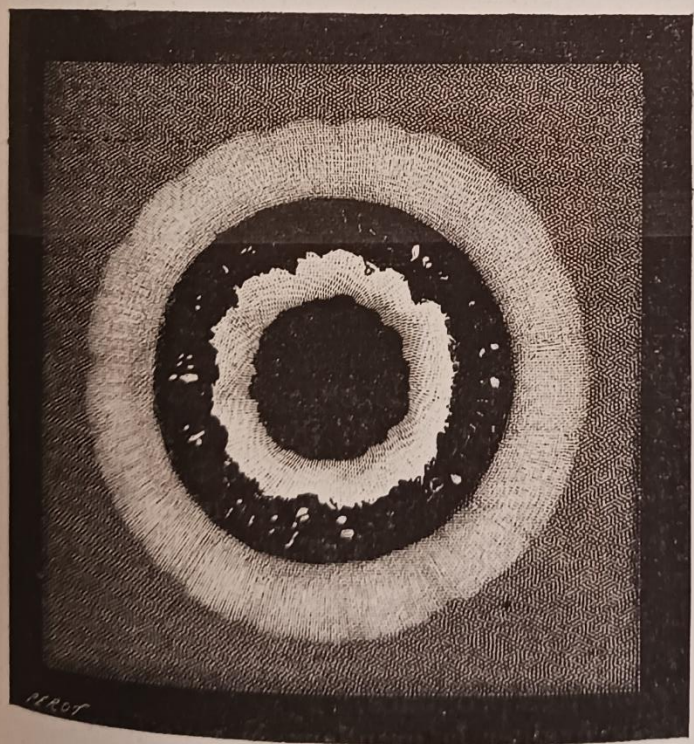


FIG. 25

diminue. Si l'on veut éloigner les disques, on sent une résistance assez grande et il y a vibrations fortes, surtout avec les ajutages convergents. Si l'on dispose les ajutages angulairement ou ex-

centriquement, une force axiale ramène les courants au parallélisme et à la coïncidence des axes. C'est sur ces faits que repose la construction des hydrodiapasons ⁽¹⁾.

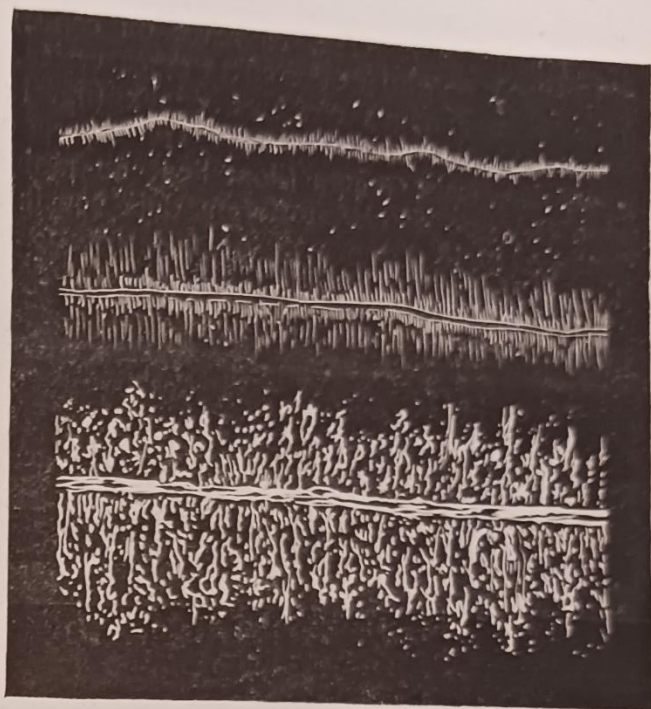


FIG. 26

Avec les ajutages à bords minces ou tranchants (fig. 10, 11, 12), il y a toujours répulsion, direction axiale et vibrations.

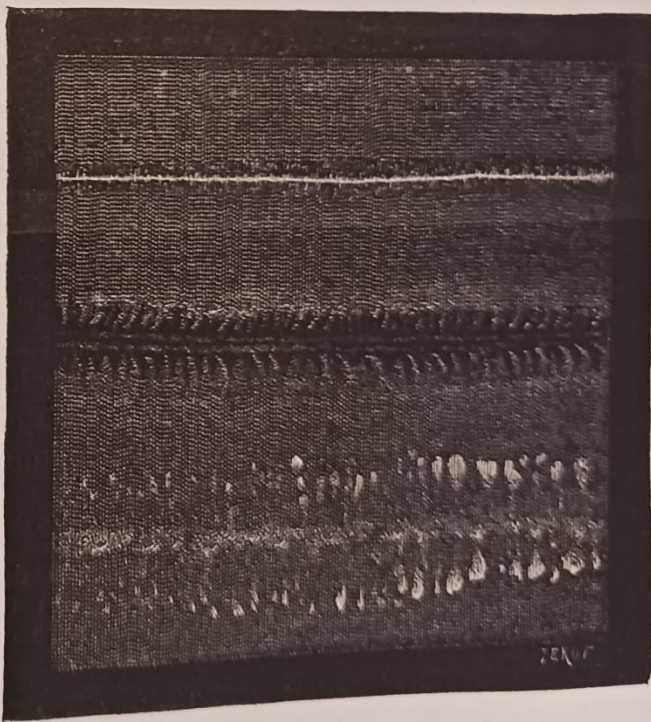


FIG. 26 bis

Avec ces derniers, dès qu'on écarte les courants

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 2 octobre 1882, page 697.

(directement opposés), de leur position d'équilibre, ils *oscillent*, comme le ferait une aiguille de boussole à laquelle on présente un barreau aimanté. Plus les ajutages sont légers et les tubes flexibles, plus le phénomène oscillatoire est apparent.

Lorsqu'on emploie dans ces expériences des ajutages à bords *courbes*, *convexes* ou *concaves* (fig. 13 et 14), on obtient des effets assez variés.

Avec deux ajutages *concaves* égaux (fig. 14), terminés chacun par une calotte sphérique, on constate dans les courants (dont l'un, au moins, est mobile) une *direction axiale* déjà sensible, dans l'eau, à une distance de plus de 0^m,10; en

même temps il se produit une répulsion assez vive des deux ajutages, c'est-à-dire des deux courants exactement opposés l'un à l'autre.

Avec deux ajutages *convexes* analogues (fig. 13), il y a toujours *répulsion* et *direction axiale*.

En mettant un ajutage *concave* à l'un des tubes et un ajutage *convexe* à l'autre tube, il se produit une *forte attraction* à petite distance, attraction déjà sensible à 0^m,05. La direction axiale est également prononcée avec ce système.

En combinant ces ajutages à formes courbes avec les précédents, on trouve toujours *répulsion* quand l'un de ceux-ci est à bords minces, et *attrac-*

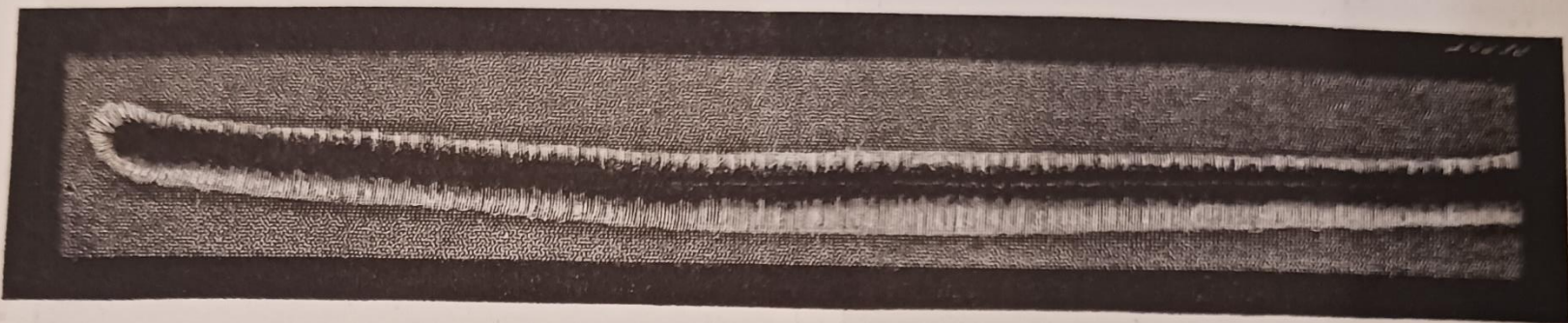


FIG. 27 b

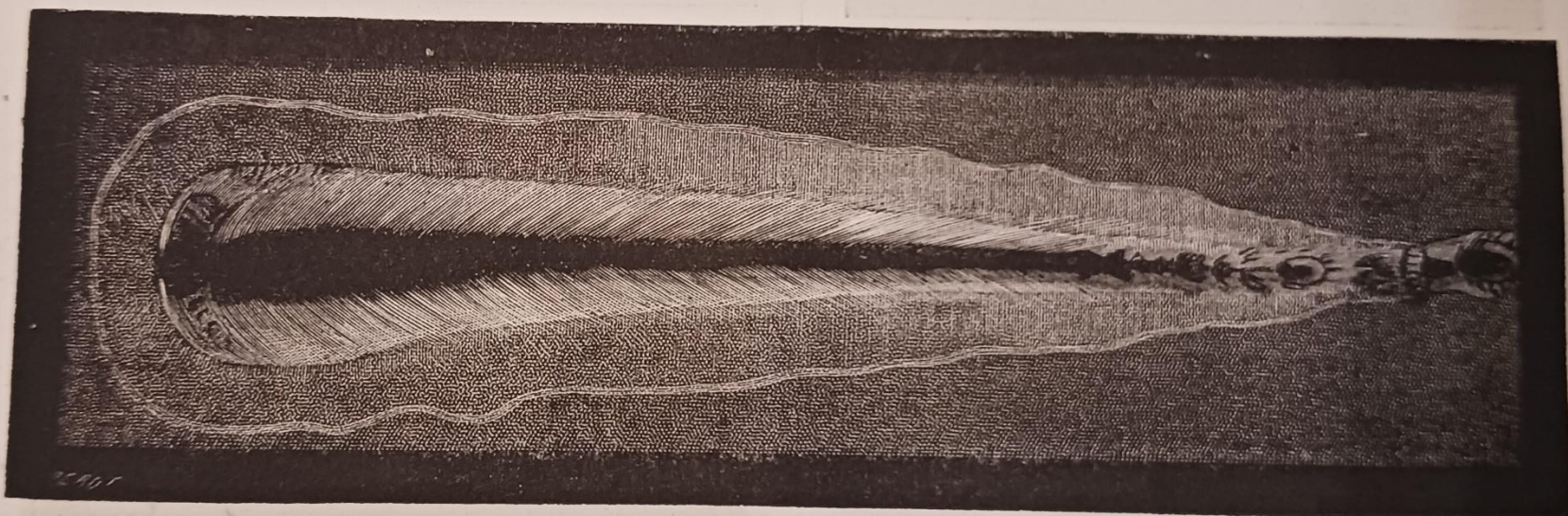


FIG. 27 a

tion s'il est à bords épais ou à disques. Dans tous les cas, il y a *direction axiale* avec *vibrations* plus ou moins prononcées. C'est l'ajutage *concave* qui, combiné avec un ajutage de forme quelconque, donne le maximum d'effet sous ce rapport.

3° Imitation, par un courant liquide, de la répulsion des parties consécutives d'un même courant électrique; vibrations planes spontanées d'un courant liquide, avec ou sans rotation.

On connaît diverses expériences instituées dans le but de démontrer que les portions consécutives d'un même *courant électrique* se repoussent. On peut en réaliser d'analogues pour les *courants liquides*. Il en est une, extrêmement simple et très démonstrative, que je dispose de la manière suivante :

Un petit tube en caoutchouc, très flexible, assez résistant toutefois (de 0^m,12 à 0^m,25 de longueur, de 0^m,004 à 0^m,005 de diamètre intérieur, et de 0^m,0015 à 0^m,002 d'épaisseur), est adapté directement au tuyau alimenté par les eaux de la ville ou au branchement vissé à ce tuyau. Lorsqu'un courant d'eau s'écoule par ce petit tube dont on tient à la main l'extrémité libre, ou l'un quelconque de ces points, on sent une forte *réaction* de ce tube, un *recul* très prononcé.

Pour évaluer la grandeur de cette force, on attache à l'extrémité libre du petit tube, tenu alors verticalement, un fil portant un poids; et l'on peut constater que, dans ces conditions, cette réaction est capable de soulever 140 grammes et qu'elle fait sauter facilement un poids de 100 grammes. Vient-on à rendre libre ce petit tube ? il serpente en divers

sens et lance de l'eau de tous côtés. Placé dans le liquide, il y frétille vivement, comme une anguille qu'on tiendrait par la tête. Il tend d'ailleurs à s'appuyer contre le fond et les parois du vase.

En prenant un tube plus fin, plus flexible de 0^m,001 d'épaisseur, le phénomène de réaction est encore plus sensible. Dès qu'on touche ce tube en un de ces points, il se courbe aussitôt en cet endroit et s'applique immédiatement contre la main; on ne peut même s'en débarrasser facilement sans être un peu arrosé.

En augmentant la longueur du tube, les mouvements sont nécessairement ralentis, à cause de la difficulté qu'éprouve le liquide à traverser ce long canal étroit. Si, au contraire, on réduit le tube à 0^m,10 ou 0^m,12, il se produit un autre phénomène: le tube se met à *vibrer spontanément* avec une vitesse et une amplitude d'autant plus grandes que le courant est plus fort. Il se produit souvent, en même temps que les vibrations planes régulières, un mouvement de *rotation*, relativement lent, d'un

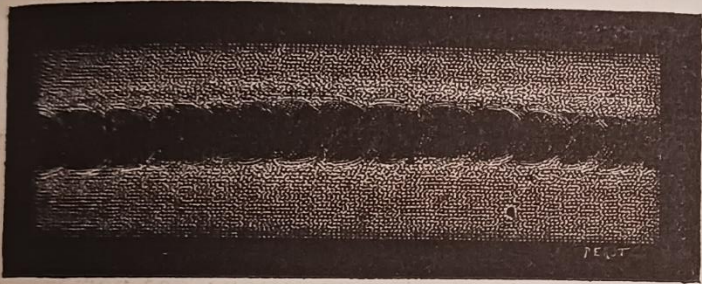


FIG. 27 c

tour en quatre secondes environ. Le tube, à chaque demi-révolution, se détord subitement et poursuit son mouvement uniforme dans le même sens; effet qui est dû sans doute à la forme naturelle un peu courbe du tube et, par suite, à son inégale flexibilité en différents sens.

Les mouvements précédents s'effectuent également dans l'eau, mais avec une énergie moindre.

Tous ces effets variés sont dus évidemment à la répulsion des diverses parties consécutives d'un même courant liquide; ils montrent bien l'existence de cette réaction et en donnent la mesure.

EFFETS PHYSIQUES

1° Imitation, par les courants liquides ou gazeux, des lignes de force ou fantômes magnétiques obtenus avec les courants électriques ou les aimants.

Les circonstances sont ici très nombreuses, nous citerons les principales :

1° Pour imiter, par voie hydrodynamique, les *lignes de force d'un courant électrique dans un plan perpendiculaire à sa direction* (fig. 16) ⁽¹⁾, il suffit

⁽¹⁾ Cette figure et les suivantes proviennent de photographies (épreuves négatives) : les bleus correspondent aux clairs et les blancs aux ombres.

de *souffler doucement*, par un tube de verre effilé, un courant d'eau continu, perpendiculairement à une plaque de verre recouverte d'une mince couche de minium délayé dans l'eau, la pointe du tube étant fixée à quelques millimètres de la plaque. On obtient, autour du point de chute du liquide, un assez grand nombre de cercles concentriques, formés de parcelles de minium juxtaposées à la façon de la limaille de fer sous l'influence d'un courant électrique (fig. 16 bis).

Au lieu de minium, on peut employer de la limaille de fer très fine (fer porphyrisé); on obtient

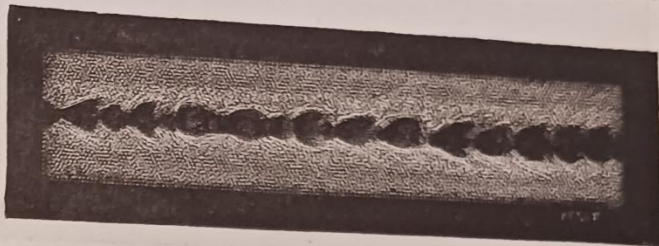


FIG. 27 c'

les mêmes effets; mais ce que l'on gagne en analogie, on le perd en finesse de détails.

2° Pour obtenir les *lignes de force* imitant celles d'un courant électrique dans un plan parallèle à sa direction (fig. 17), il faut employer, non un courant d'eau, mais un *courant d'air*. On souffle sur le dépôt de minium, par un tube effilé, tenu verticalement; pendant ce temps on transporte ra-

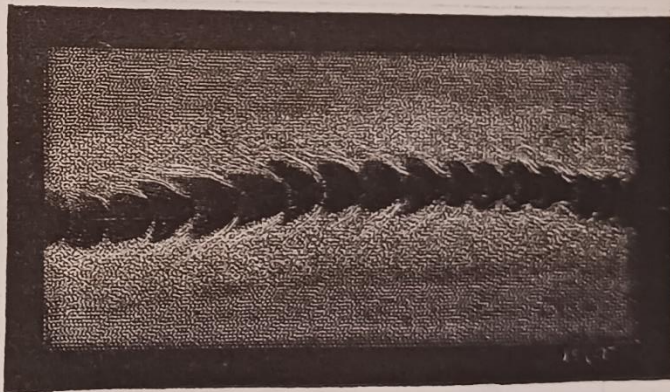


FIG. 27 d

pidement le tube parallèlement à la plaque de verre; on étale, pour ainsi dire, le courant horizontalement. On obtient sur le dépôt des droites très courtes, très serrées, perpendiculaires à la direction du courant et pareilles à celles que donne un courant électrique couché sur une feuille de papier blanc saupoudrée de limaille de fer (fig. 17 bis).

On peut aussi réaliser des effets analogues en aspirant avec un tube qu'on transporte rapidement au contact de la plaque.

3° Pour imiter les *lignes de force de deux courants électriques parallèles de même sens, dans un plan perpendiculaire à leur direction* (fig. 18),

on emploie deux tubes effilés, contenant de l'eau, et dans lesquels on souffle simultanément; on les ferme bientôt, en même temps, avant l'épuisement du liquide contenu dans chacun d'eux. On obtient ainsi deux systèmes de courbes qui se redressent à leur rencontre et se repoussent (fig. 18 bis), comme cela se produit avec la limaille, sous l'action de deux courants électriques (fig. 18).

4° L'imitation des *lignes de force* de deux cou-

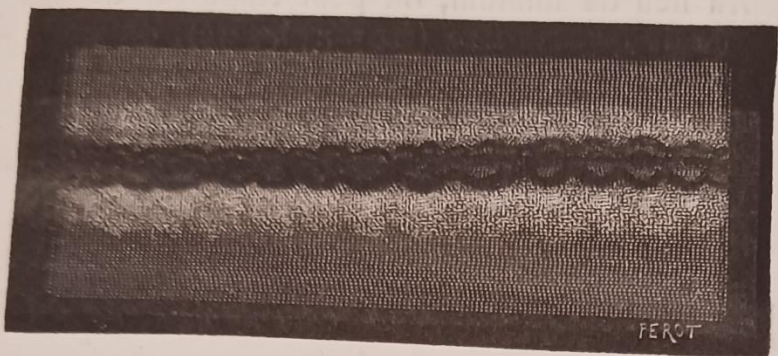


FIG. 27 c

rants électriques parallèles de sens contraires, dans un plan perpendiculaire à leur direction (fig. 19) présentait des difficultés réelles. Il fallait trouver un moyen pratique de produire, par voie hydrodynamique, des effets de polarité.

Parmi les procédés que j'ai imaginés, je citerai le suivant: je me sers de deux tubes de verre;

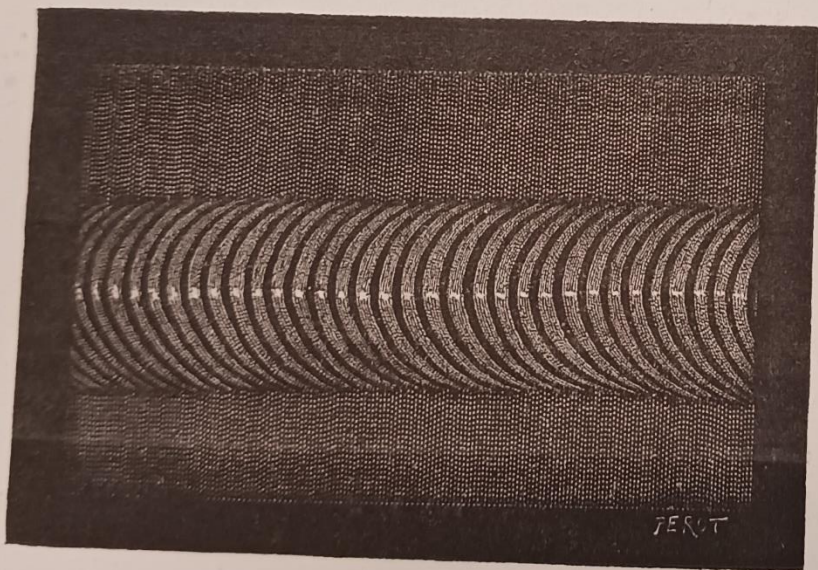


FIG. 27

l'un effilé, pour lancer le liquide par la compression d'une poire en caoutchouc à laquelle il est adapté; l'autre, moins étroit, servant à aspirer le liquide et le minium entraîné. Par le jeu simultané des deux tubes, convenablement placés, l'un à quelques millimètres de la plaque; l'autre au contact du dépôt pulvérulent, on produit une figure qui accuse nettement les deux effets de polarités contraires (fig. 19 bis). Nous verrons plus loin que l'*aspiré* semble correspondre à l'électricité *positive* et le *soufflé* à l'électricité *negative*.

Pour l'imitation des larges fantômes magné-

tiques produits par les *aimants* isolés ou combinés, dans des conditions qui correspondent à celles des courants dont il vient d'être question, on emploie des moyens peu différents des précédents et des tubes non effilés.

La fig. 20 bis représente l'imitation hydraulique du fantôme magnétique produit par un aimant dans un plan perpendiculaire à sa direction (fig. 20).

La fig. 21 donne l'imitation hydraulique du fan-

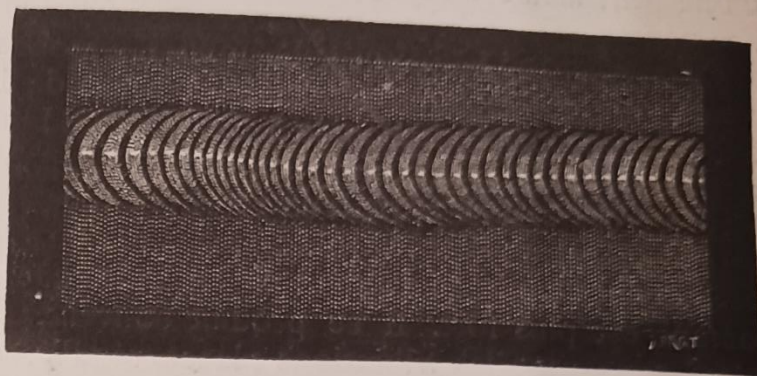


FIG. 27 g

tôme magnétique de deux aimants voisins, parallèles, de même pôle, dans un plan perpendiculaire à la direction de leurs axes.

On peut produire ainsi, par voie hydrodynamique, des effets variés, soit par *chute libre* de colonnes liquides plus ou moins longues, soit par *soufflé* ou *aspiré* de liquide ou de courants d'air; effets qui sont autant d'imitations des nombreuses

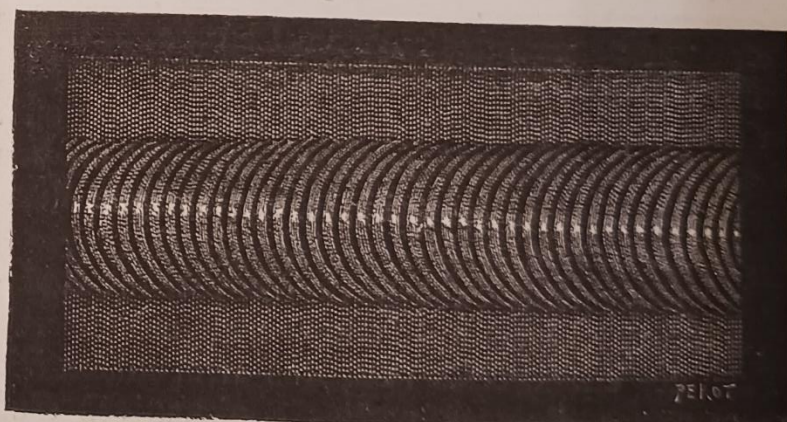


FIG. 27 h

sortes de fantômes magnétiques connus, ou susceptibles d'être réalisés.

2° Imitation des formes et des effets de la décharge électrique.

L'imitation des *aigrettes* et des *nappes électriques* (fig. 22 a, b), des *étincelles électriques rectilignes, ramifiées, sinueuses*, s'obtient facilement, soit en soufflant avec un tube effilé un courant d'eau, ou d'air, dans le plan de la plaque recouverte de minium aqueux, soit en déplaçant le tube parallèlement à cette plaque. L'*étincelle étoilée* est exactement imitée par la figure 23, obtenue en as-

pirant fortement, avec une pipette fixe, le minium à demi desséché.

L'imitation des figures de Lichtenberg présente cette particularité que l'effet de l'aspiré correspond à celui de l'électricité positive (fig. 24) et le soufflé, à l'électricité négative (fig. 25); résultat qui peut avoir son importance.

Imitation des projections d'un fil métallique volatilisé par la décharge électrique. — Si, à l'aide d'un tube effilé et rapproché à 0^m,01 environ de la plaque recouverte de la couche aqueuse de minium, on dirige un courant d'air sur cette plaque, en déplaçant le tube horizontalement, il se produit un sillon étroit, une partie de la matière chassée

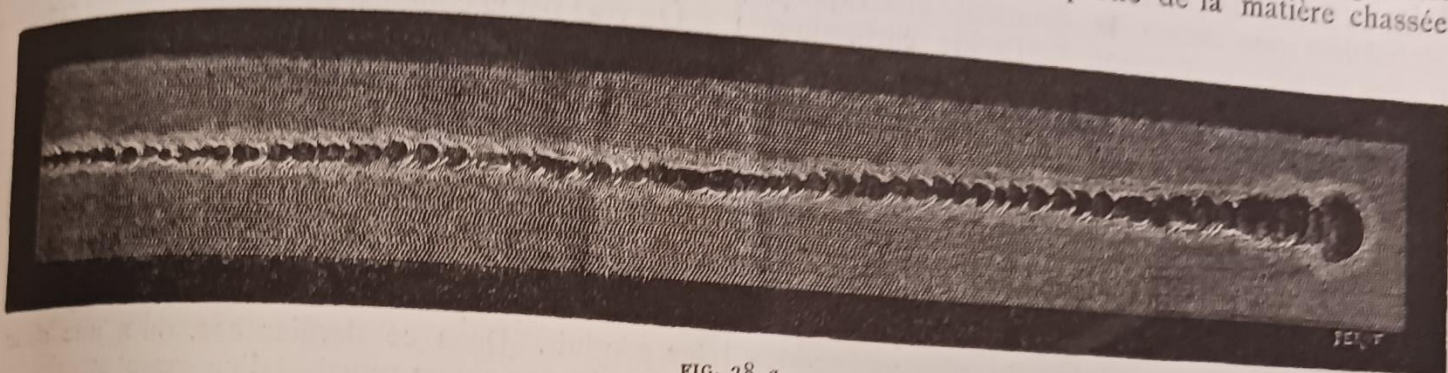


FIG. 28 a

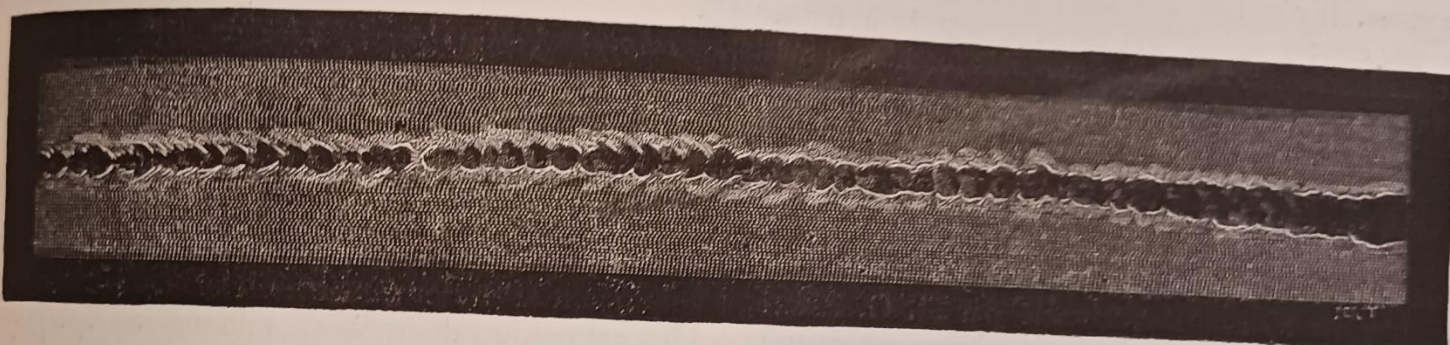


FIG. 28 b

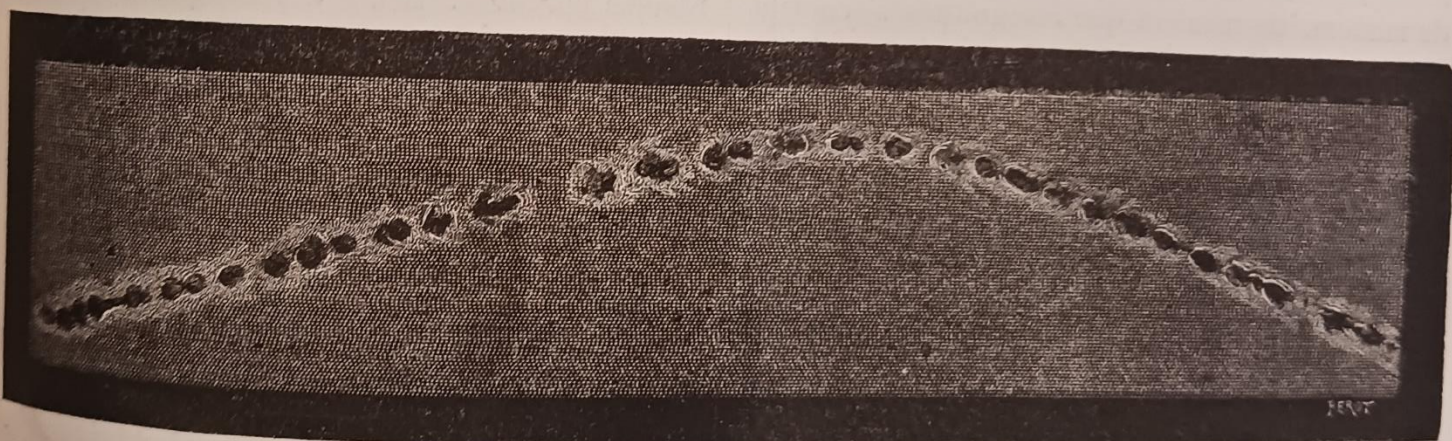


FIG. 28 c

flotte à la surface, l'autre sous-jacente et fixe est disposée en lignes droites, très fines, très courtes, perpendiculaires à l'axe du sillon (fig. 26 bis) et semblables à celles qu'on obtient en faisant passer la décharge électrique au travers d'un fil de métal entre deux lames de verre ou entre deux feuilles de papier (fig. 26).

Imitation des stratifications de la lumière électrique dans les gaz raréfiés. — Elle s'obtient par un procédé déjà employé dans nos expériences précédentes : au-dessus de la plaque recouverte de sa couche de minium, on transporte horizon-

talement, et avec vitesse, un tube plus ou moins large, pendant que l'eau s'en écoule ou qu'on la souffle; le courant se trouve ainsi étalé en ligne droite ou courbe sur le dépôt pulvérulent. Les traces qu'il y produit sont souvent conservées avec leurs formes délicates. Pour certains effets, on substitue avec avantage un courant d'air à un courant d'eau. L'imitation est encore plus exacte en employant des courants d'air interrompus, soit avec un seul tube, soit avec deux tubes géminés. En faisant varier les conditions expérimentales, on trouve, parmi les dessins obtenus (fig. 27, a, b, c, c', d, e, f, g, h), des formes analogues à celles des

stratifications très variées de la lumière électrique dans les gaz raréfiés à divers degrés ; ainsi on en trouve en forme de V comme celles que M. Warren de la Rue a montrées dans ses belles recherches sur la décharge électrique (*Ann. de ch. et de phys.*, décembre 1881). On en rencontre fréquemment en forme de gouttelettes analogues aux strates globulaires que donne la décharge électrique à travers un tube renfermant de l'acide carbonique à la pression de 0^{mm}5 (fig. 27, c').

Nos imitations hydrodynamiques des stratifications de la lumière électrique montrent tous les degrés du phénomène, depuis le courant uni, sans strates, jusqu'au courant à gouttes visiblement séparées, en passant par toutes les formes intermédiaires.

Un autre procédé, purement mécanique, donne une imitation bien approchée du phénomène des strates. Il consiste à recouvrir la lame de verre d'une couche de minium presque sec et à frotter cette lame entre les doigts mouillés (comme quand on veut exciter des vibrations sonores longitudinales dans une tige en bois). Il en résulte des strates plus ou moins serrées (fig. 27, f, g, h), tout à fait semblables à celles de la lumière électrique dans les tubes renfermant des gaz à divers degrés de raréfaction.

L'éclair en chapelet, signalé par M. G. Planté, peut être facilement imité en transportant le tube à eau rapidement au-dessus de la couche aqueuse de minium, de manière que les gouttes s'écoulent successivement et s'étalent en se juxtaposant sur la plaque en expérience (fig. 28 a, b, c).

Quant à l'éclair en boule, à la foudre globulaire, on en a une imitation dans les gouttes sphériques qui parfois roulent à la surface du liquide, lorsqu'elles tombent isolées par un tube étroit, ou qu'on les souffle.

On obtient encore, par les moyens indiqués précédemment, des formes analogues à celles que M. Planté a décrites sous les noms de *gerbes de globules aqueux*, *jets de vapeur*, *perforations cratériformes*, etc. On réalise aussi des figures dont les formes ont beaucoup de rapport avec celles des *trombes*, des *aurores polaires*, des *queues de comètes*, etc.

Je rappellerai encore diverses analogies bien connues entre les deux phénomènes que nous comparons : le *tourniquet*, le *moulinet* électriques correspondent au tourniquet et au moulinet hydrauliques. Le *trop-plein* électrique, imaginé par M. Mascart et destiné à maintenir la constance du potentiel sur un conducteur, est analogue au *trop-plein* usité en hydraulique. On a aussi les *turbines électriques*.

Aux *électrophores*, *condensateurs*, *accumulateurs électriques* correspondent la *fontaine de compression*, les *appareils à air comprimé*. Les

effets de volatilisation électrique ont pour analogue la *pulvérisation* des liquides. On a la machine *hydro-électrique* d'Armstrong.

On pourrait, en se basant sur les effets d'attraction et de répulsion que j'ai fait connaître précédemment, réaliser divers appareils analogues à la *balance électrique de Coulomb*, aux *courants flottants* de de la Rive, aux *moteurs électriques*, etc.

On voit par là combien sont nombreuses et remarquables les analogies entre les effets électriques et les effets hydro-dynamiques.

Projections. — Toutes les figures dont il vient d'être question peuvent être projetées agrandies devant un auditoire, au moyen de l'appareil à projections de M. Dubosq, soit quand elles sont déjà fixées sur la plaque de verre, soit au moment où on les produit. Dans ce dernier cas, on a une série d'expériences extemporanées d'un grand attrait.

Photographie des figures. — En se servant, comme clichés, des plaques diverses sur lesquelles on a produit les dessins, on peut obtenir des épreuves négatives par les procédés ordinaires. Il est possible, avec un peu de soin, sans avoir besoin de vernir la plaque, de tirer plusieurs exemplaires de ces dessins. On abrège l'opération, en employant le papier sensible dit au *ferro-prussiate*. Une exposition de 10 à 15 minutes au soleil ou de 30 à 60 à la lumière diffuse suffit pour avoir de bonnes épreuves. Il n'y a plus qu'à les plonger dans l'eau pendant quelques minutes, et à les faire sécher.

(A suivre.)

C. DECHARME.

NOUVEAUX

FREINS ÉLECTRIQUES

A ENTRAÎNEMENT

Les avantages que présente l'emploi de l'électricité lorsqu'il s'agit de commander un système de freins continus sont bien connus, et nous n'y reviendrons pas.

Mais il est à remarquer que lorsqu'il s'agit de développer un effort statique pendant un temps plus ou moins prolongé, comme c'est ici le cas, la production de cet effort, quand il est déterminé par le passage d'un courant électrique, nécessite une dépense continuelle d'énergie.

Il y a donc intérêt à réduire, autant que possible, la grandeur de l'effort que doit développer le passage du courant.

C'est dans ce but que nous avons entrepris l'étude suivante :

LA
MIÈRE
TRIQUE

883

VOL. IX





La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

LA
LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

JOURNAL UNIVERSEL D'ÉLECTRICITÉ

Revue Scientifique Illustrée

Publiée sous la Direction scientifique de M. T^H. DU MONCEL

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ
LUMIÈRE ÉLECTRIQUE — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE
SCIENCE ÉLECTRIQUE, ETC.

TOME NEUVIÈME

PARIS
AUX BUREAUX DU JOURNAL
51, — Rue Vivienne, — 51

1883



LA
LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

JOURNAL UNIVERSEL D'ÉLECTRICITÉ

Revue Scientifique Illustrée

Publiée sous la direction scientifique de M. TH. DU MONCEL

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ

LUMIÈRE ÉLECTRIQUE — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE

SCIENCE ÉLECTRIQUE, ETC.

TOME CINQUIÈME

PARIS

AUX BUREAUX DU JOURNAL

51 — Rue Vivienne — 51

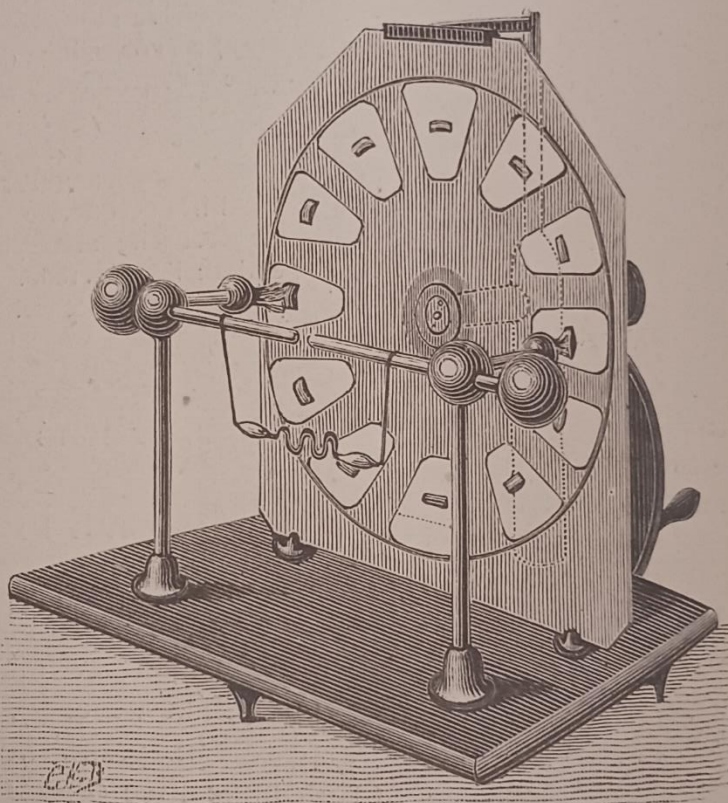
1881

LES MACHINES TÖEPLER

Les machines de Holtz et celles de Töepler ont été, comme on le sait, inventées à la même époque, en 1865; mais, seules, les machines de Holtz, sans doute à cause de leur plus grande longueur d'étincelles, sont entrées dans la pratique, en France du moins. Les machines exposées au palais de l'Industrie par M. Töepler sont donc, pour la plupart des visiteurs, des appareils nouveaux.

Les principes sur lesquels elles reposent sont exposés de la manière suivante par M. Töepler :

Considérons deux condensateurs formés l'un de deux plateaux A et B, l'autre de deux plateaux



(FIG. 1.)

C et D et placés tous deux sur un même support isolant; faisons communiquer B et D avec le sol, et chargeons A positivement et C négativement en ayant soin que les deux charges de signes contraires soient égales. Les plaques B et D prendront par influence des charges opposées, et l'on pourra multiplier les tensions de ces deux condensateurs par deux genres différents de mouvement alternatif.

1° Après avoir supprimé un instant les fils de communication avec le sol, on peut mettre B et D l'un à la place de l'autre. De cette façon, les charges de même nom se trouvent du même côté, et le travail dépensé, en déplaçant les plateaux, est transformé en une tension élevée. Si maintenant on replace les fils de communication au sol, la tension est détruite, et le travail apparaît sous forme d'étincelles de décharge; l'appareil est de nouveau à

l'état primitif, et le 1° que les plateaux sont séparés B de A, tout négative développée en tension, et sa tension pendant un instant B de B vers C, et la peut augmenter de mettant d'abord B en communication avec la pour le mettre en contact avec A. En répétant alternativement ces deux opérations, on augmente de plus en plus la charge et par suite la tension sur les deux condensateurs. A chaque fois, la charge augmente dans une proportion constante; c'est pourquoi la méthode peut recevoir à juste titre le nom de *multiplication*. Cette multiplication pourrait être continuée jusqu'à l'infini, si les pertes inévitables d'électricité ne lui assignaient une limite.

Si les plateaux des deux condensateurs sont disposés sur un support isolé tout entier, on pourra facilement effectuer la multiplication 2, soit toujours la même manière que les condensateurs sont disposés dans ces dispositifs le travail dépensé est transformé en une tension élevée. Si maintenant on replace les fils de communication au sol, la tension est détruite, et le travail apparaît sous forme d'étincelles de décharge; l'appareil est de nouveau à

l'appareil et se relâcheraient certainement. En apportant ainsi peu à peu et par pièces le principe automatique, l'agent sent toujours la responsabilité peser sur lui et continue à veiller; on arrivera peut-être ainsi à obtenir la surveillance double de l'agent mécanique et de l'agent humain, ce qui serait la solution vraie.

On aperçoit, d'autre part, des combinaisons essayées pour rendre les diverses opérations destinées à la protection, invariables dans leur ordre, pour les enchaîner les unes aux autres. Presque toutes les manœuvres comprennent, en effet, plusieurs temps : avertir, fermer, rouvrir, etc.; il faut que dans les divers cas un certain nombre de ces opérations soient accomplies, et il est utile qu'elles le soient dans un certain ordre; on commence à disposer des liaisons d'appareils, des enclanchements qui déterminent cet ordre et rendent ces diverses opérations solidaires, en sorte que l'erreur devient impossible. Il est vrai que ces liaisons pourraient manquer un jour, mais on n'en serait pas pour cela moins avancé qu'on ne l'est maintenant, et leur présence est une sérieuse sécurité. Certains accidents récents auraient été, dit-on, prévenus si des connexions de ce genre avaient existé.

Une troisième tendance qui ne paraît pas moins utile et qui se marque assez nettement, surtout dans la compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée, est de mettre les signaux à la vue de tous : de faire usage particulièrement de cloches très sonores reportées en plusieurs points de la voie et fonctionnant toutes ensemble de façon à répéter le signal et à faire en sorte que tout le monde sur la voie le connaisse; de cette façon un seul commande naturellement, mais s'il arrivait un oubli, une erreur grave, une de ces distractions fatales, semblables à celle de ce malheureux chef de gare de Flers qui, tenant encore à main la dépêche annonçant le retard d'un train, voyait en même temps un deuxième train à sa rencontre; si, dis-je, un pareil cas se présentait, tout le personnel de la gare serait à même de s'élancer pour éviter le malheur. Cette tendance était déjà clairement indiquée dans les appareils du block-system de M. Lartigue où il n'y a pas de tableau annonce, d'aiguille indicatrice, où tout se fait sur poteaux; elle semble s'étendre dans l'ensemble des systèmes et prendre pied dans les autres compagnies, sous des formes plus ou moins variées; il ne faut pas s'en féliciter comme d'une sérieuse garantie de sécurité.

Nous allons passer maintenant en revue les derniers appareils, sans entrer, je le répète, dans des détails déjà connus du lecteur, mais en essayant de voir par quels points les divers systèmes s'approchent ou s'éloignent et ce qu'ils peuvent offrir de particulier.

(A suivre.)

FRANK GÉRALDY.

l'état primitif, et le procédé peut être répété tant que les plateaux conservent leur charge.

2° On peut, après suppression des fils de terre, séparer B de A, tout en laissant D sur C. La charge négative développée par influence sur B augmente en tension, et sa tension est supérieure à celle du plateau négatif C; si alors on relie métalliquement pendant un instant B avec C, l'électricité s'écoule de B vers C, et la charge de C augmente. On peut augmenter de même la charge de A en remettant d'abord B en place, rétablissant sa communication avec la terre, puis séparant D de C, pour le mettre en contact avec A. En répétant alternativement ces deux opérations, on augmente de plus en plus la charge et par suite la tension sur les deux condensateurs. A chaque fois, la charge augmente dans une proportion constante; c'est pourquoi la méthode peut recevoir à juste titre le nom de *multiplication*. Cette multiplication pourrait être continuée jusqu'à l'infini, si les pertes inévitables d'électricité ne lui assignaient une limite.

Si les plateaux des deux condensateurs sont disposés sur un support isolé tournant, on pourra facilement effectuer soit l'opération 1, soit l'opération 2, soit toutes les deux successivement, et il sera toujours facile de disposer l'appareil de manière que les contacts se fassent exactement au moment voulu. Naturellement, les fils ou tiges indiqués comme communications au sol deviendront, dans ces dispositions, les conducteurs dans lesquels le travail dépensé se retrouve sous forme de mouvement électrique.

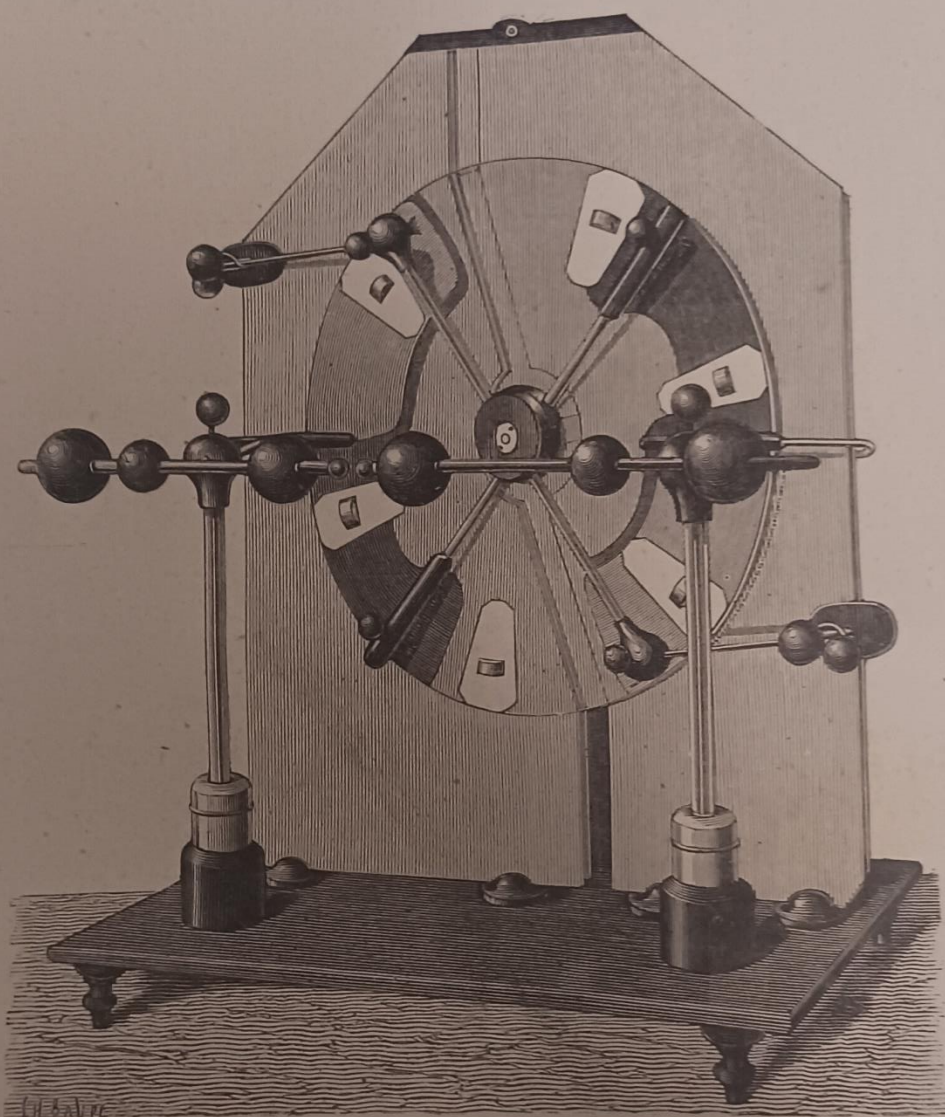
Dans une des dispositions exposées par M. Tœpler (fig. 1), l'opération 1 seule est mise en évidence. Une plaque de verre polygonale fixe porte à sa partie postérieure, deux feuilles d'étain inductri-

ces qui ne sont pas indiquées dans la figure, et qui représentent, l'une le plateau A, l'autre le plateau C. Sur un disque de verre mobile placé en avant de cette plaque, sont collés un certain nombre de secteurs en feuille d'étain munis chacun d'une petite proéminence métallique. Les deux secteurs qui se trouvent, à un moment donné, sur le diamètre horizontal du disque, sont en contact par leurs proéminences respectives avec deux petits balais appartenant à deux conducteurs antérieurs portés sur des tiges isolantes, et qui figurent les fils de terre indiqués plus haut. En même temps, les secteurs consi-

dérés sont soumis à l'influence des armures métalliques collées de l'autre côté de la plaque de verre fixe. Ces secteurs jouent donc le rôle des plateaux B et D, et si l'on fait tourner le disque, après un demi-tour de ce dernier, les deux secteurs se seront substitués l'un à l'autre, et on aura réalisé l'opération 1. La même chose se répètera pour toutes les paires de secteurs opposés, et l'on obtiendra continuellement, soit des étincelles entre les conducteurs, soit un flux électrique, si l'on réunit ces conducteurs par un appareil, tel qu'un tube de Geissler. Les armures fixes sont

supposées chargées tout d'abord, l'une positivement, l'autre négativement; mais comme il suffit d'une très faible différence de potentiel pour le jeu de l'appareil, cette différence existe toujours naturellement et la machine n'a pas besoin d'être amorcée.

D'après M. Tœpler, le principe de la machine de Holtz se rattache également à la même opération 1. Comme dans la machine précédente, on retrouve en effet dans la machine de Holtz les armures du plateau fixe; mais au lieu d'agir sur des secteurs métalliques, elles chargent la surface même du disque mobile. Le disque se meut entre les armures inductrices et deux peignes reliés à des conducteurs, et



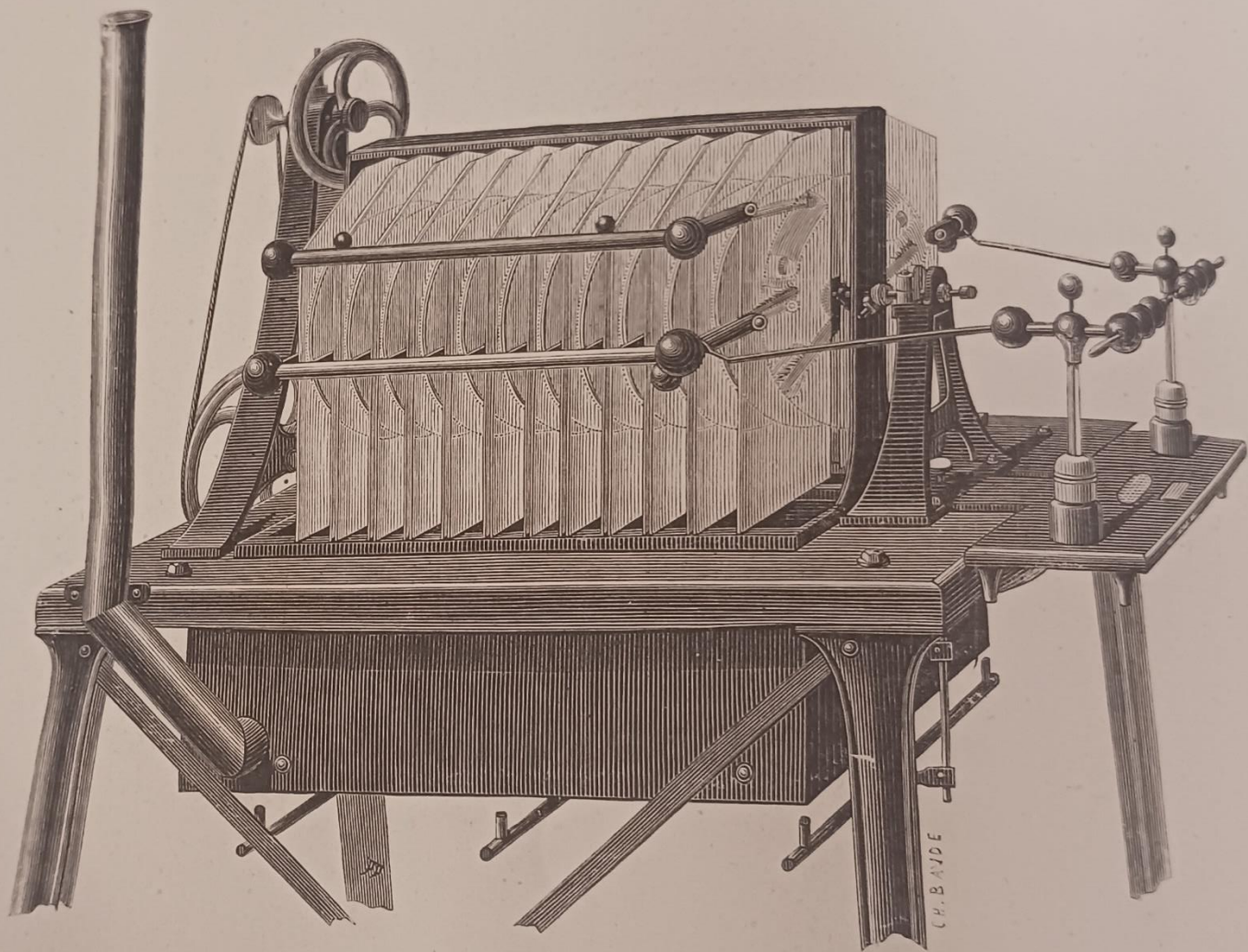
(FIG. 2.)

les parties chargées, au lieu de se trouver en contact direct avec des balais, se trouvent déchargées par l'action des pointes des conducteurs.

La seconde des machines exposées par M. Tœpler présente l'opération 2 combinée avec le dispositif ordinaire de la machine de Holtz. Elle est représentée par la fig. 2.

Dans cette figure, on reconnaît une machine de Holtz, à conducteur diamétral, dans laquelle le plateau fixe est fermé par une plaque de verre de forme polygonale, séparée en deux parties par une interruption médiane, de manière à assurer un meilleur isolement entre les deux armures fixes. De chaque

côté de cette plaque fixe, tournent deux disques mobiles, mais le disque antérieur porte des secteurs semblables à ceux de l'appareil précédent. D'autre part, une des pointes de chaque peigne, y compris les peignes du conducteur diamétral, est remplacée par un petit balai susceptible de toucher les proéminences métalliques des secteurs. Enfin, deux balais spéciaux fixés à des boules que porte une tige de verre diamétrale, peuvent également venir toucher une de ces proéminences, et sont en relation permanente, chacun, avec une des armures fixes. Si l'on fait abstraction des organes propres à la machine de Holtz même, et que l'on assimile



(FIG. 3.)

toujours les armures aux plateaux A et C, et les secteurs mobiles, aux plateaux B et D, on voit que la rotation du disque mobile, en sens inverse des aiguilles d'une montre, aura pour effet de produire l'opération 2. La très faible charge initiale des armures se trouvera ainsi augmentée, et la machine continuera à fonctionner en vertu de l'action des peignes.

Les supports en verre qui soutiennent les conducteurs de cette machine, sont des tubes implantés dans des espèces de pots en porcelaine formant condensateurs. Lorsqu'on veut se servir de ces derniers, on enfonce dans les tubes, par un orifice

pratiqué dans les boules supérieures, une tige métallique qui met les conducteurs en communication avec les condensateurs.

On voit que cette machine ne diffère pas de la machine de Voss que nous avons décrite il y a quelque temps, et expliquée par des considérations un peu différentes. Relativement à ce point, nous sommes assuré que la machine Voss n'est qu'une copie de la machine Tœpler. Le peu de publicité, donnée en France à la machine Tœpler, a été seul cause de l'intérêt qu'a excité chez nous la machine de Voss et de la facilité avec laquelle on l'a considérée comme une nouveauté.

Pour augmenter le débit de ses machines, M. Tœpler a pensé à multiplier considérablement le nombre des plateaux, et il a construit sur ce principe des machines, dont deux : une de 20 et une de 60 plateaux tournants, figurent à l'Exposition. La figure 3 représente la machine à 20 plateaux. Dans cette figure, on a supposé enlevée la cage de verre qui recouvre tout l'appareil.

Sur un même axe horizontal, mis en mouvement par une manivelle et des poulies de renvoi, représentées à gauche de la figure, sont montés 20 disques de verre également distants les uns des autres. Entre les deux premiers est une double plaque fixe portant des armatures, mais le second et le troisième ne sont séparés par aucun intermédiaire ; entre le troisième et le quatrième se trouve de nouveau une plaque fixe, puis entre le quatrième et le cinquième un espace vide, et ainsi de suite, de sorte que chaque plaque fixe est entre deux disques. Le long des plaques fixes, court de chaque côté, à mi-hauteur, une longue tige portant des peignes doubles qui s'engagent dans les espaces vides laissés entre les disques. Ces tiges sont en relation avec l'excitateur de la machine. Au-dessus se trouve également une seconde tige en bois, en relation avec toutes les armatures appartenant à ce côté. De cette façon, on a une série de machines de Holtz, sans fenêtres, montées en quantité sur le même axe ; mais la première et la dernière de ces machines sont munies de secteurs mobiles et de balais, et constituent, en un mot, des dispositions semblables à celle de la figure 2. Le jeu de la machine est facile à comprendre : les machines extrêmes multipliant la charge initiale naturelle de la machine, déterminent l'action première, et la machine fonctionne ensuite comme une machine de Holtz à 20 plateaux. La charge des armures est maintenue par le jeu des secteurs et des conducteurs munis de balais.

Pour pouvoir maintenir la machine dans une atmosphère sèche, on la recouvre d'une cage en verre, et elle est, d'autre part, établie sur une espèce d'étuve que l'on peut chauffer, soit au gaz, soit avec des appareils à alcool.

La machine représentée par la figure 2 peut donner des étincelles ayant environ le tiers ou la moitié du diamètre des disques. La machine à 20 plateaux donne la même longueur d'étincelle, mais, comme cela se comprend, avec un débit très considérable. En employant une batterie de Leyde de 18 jarres, on obtient des décharges très puissantes qui se produisent tous les $\frac{6}{10}$ de seconde, et avec lesquelles M. Tœpler a obtenu différents effets très curieux de décomposition dont on peut voir les résultats au Palais de l'Industrie, à côté de la machine.

En somme, en partant des deux principes exposés plus haut, M. Tœpler est arrivé à construire des

appareils intéressants, dont un est semblable au re-plenisher de Thomson, et la combinaison ingénieuse de ces appareils avec la machine de Holtz, l'a conduit à construire des machines fort puissantes qui ont, sur la machine de Holtz, l'avantage de pouvoir, dans un air sec, fonctionner sans être amorcées.

A. GUEROUT.

EXPOSITION INTERNATIONALE D'ÉLECTRICITÉ

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ

A L'INDICATION DU GRISOU DANS LES MINES

Le méthanomètre automatique de M. Monnier.

Le méthanomètre automatique (ou analyseur automatique du grisou) de M. Denis Monnier, professeur de chimie à l'Université de Genève, n'est pas un avertisseur du grisou seulement, mais un instrument qui analyse à grande distance, automatiquement et quantitativement, l'hydrogène et les carbures de ce métalloïde.

Le méthanomètre comprend deux appareils distincts :

- 1° L'analyseur :
- 2° Le récepteur.

Les *analyseurs* sont placés dans les galeries de mines, le récepteur au dehors dans un bureau central sous les yeux d'un ingénieur.

Chaque analyseur transmet, toutes les heures, au récepteur, la proportion de grisou, comprise entre 1 et 9 0/0 que peut renfermer l'air de la région où il se trouve placé.

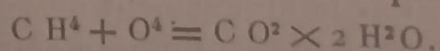
La proportion de 9 0/0 est celle qui détermine l'explosion. *C'est au bureau central que l'instrument devient avertisseur*, car l'ingénieur place lui-même sur le récepteur les contacts qui détermineront un déclenchement de sonneries à mouvement continu, lorsque le mélange gazeux a atteint la proportion qu'il ne veut pas voir dépasser.

Il donnera ses ordres en conséquence, et l'appareil permettra de suivre toujours à distance les effets de la ventilation dirigée dans la région menacée.

La réaction qu'utilise le méthanomètre est la décomposition de l'hydrogène carboné, appelé aussi méthane, ou gaz des marais, en présence d'un excès d'air atmosphérique, sous l'influence de la température élevée de l'étincelle d'induction ou du platine rougi, en produits condensables et en produits non condensables.

La condensation se produit par un changement de niveau de la colonne mercurielle d'un manomètre.

Autrefois on croyait que cette décomposition se formulait par une équation très simple :



t à la demande de voie. « Elles préviennent dit le rapport, tous les gardes des passivité de l'arrivée prochaine et du sens des trains permettent de signaler sur toute la ligne les véhicules partis en dérive; elles donnent avec la plus grande simplicité cette ressource du signal d'alarme ou d'arrêt de tous les

compagnies ont donc adopté l'emploi de ces machines. Nord sur la totalité de son réseau à voie unique (1291 kil.), Paris-Lyon-Méditerranée sur le sien (924 kil.). La première a adopté les machines Siemens à courants d'induction; la seconde les cloches autrichiennes dites de Léo-

port de la commission conclut du reste à l'exploitation des chemins de fer à voie unique de la manière suivante :

La commission croit donc pouvoir signaler au moyen des cloches allemandes comme le système auxiliaire qui lui paraît le plus pratique pour augmenter la sécurité des chemins de fer unique, et les mesures à prendre pour l'exploitation doivent d'ailleurs dépendre de l'intensité du trafic. Sur les sections qui n'ont pas de trains réguliers par jour dans chaque sens, les règlements existants peuvent suffire. En y superposant le système anglais du signal à main, on prêterait facilement à l'exploitation de ces sections en augmenterait efficacement la sécurité.

Sur les sections qui ont plus de six trains dans chaque sens, en 24 heures, la commission d'avis qu'il y a lieu de demander aux compagnies l'application progressive soit des machines électriques, soit, si elles le préfèrent, du système à signaux extérieurs, en commençant par les sections à la fois les plus chargées du trafic et les plus longues, et de préférence par celles de la ligne parcourues par les trains ne s'arrêtant qu'à la fin de la ligne.

Le rapport termine par un résumé général dans lequel il étend que « la situation actuelle déjà en progrès rapide, mais qu'elle est susceptible d'être améliorée sans avoir recours à une invention nouvelle (non encore mise en pratique), par l'introduction sur les chemins de fer de systèmes perfectionnés expérimentés déjà par d'autres compagnies. » Mais si les parents des victimes qui ont péri dans les nouveaux et terribles accidents survenus depuis ce rapport, seront de la commission; mais l'opinion publique, en France, ne trouve pas que tout est pour le mieux dans les systèmes adoptés par les compagnies de chemins de fer, et il est temps enfin que sa voix se fasse entendre.

TH. DU MONCEL

QUELQUES OBSERVATIONS

DE M. HOLTZ

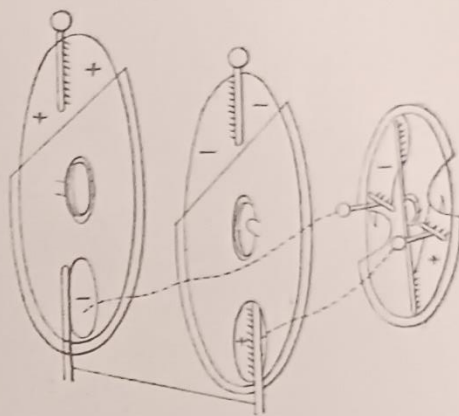
SUR LES

MACHINES A INFLUENCE

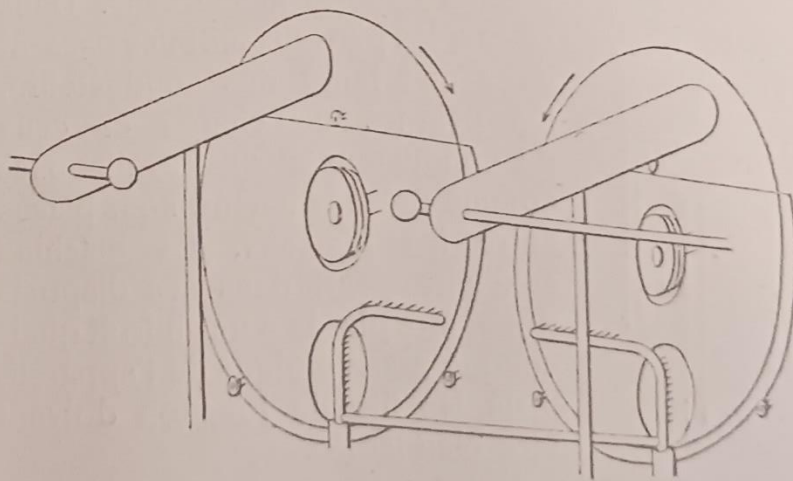
A l'occasion d'étincelles très longues qui ont été obtenues dans ces derniers temps avec les machines ordinaires à influence, par plusieurs observateurs et en particulier par MM. J. et H. Berge, M. Holtz a été amené à décrire une disposition spéciale destinée à obtenir de très longues étincelles.

M. Holtz, qui avait déjà indiqué cette disposition, n'a pas été à même de la réaliser, mais il l'indique comme devant donner forcément les résultats prévus et engage à la construire ceux qui seraient en mesure de le faire.

La fig. 1 est un diagramme théorique de cet arrangement. Deux plateaux fixes, coupés suivant une horizontale à leur partie supérieure correspondent à deux plateaux mobiles extérieurs. Ils portent en outre à leur partie inférieure deux armures chargées par les deux pôles d'une machine à influence auxiliaire. En face des armures se trouvent deux peignes réunis par une tige métallique et qui constituent le conducteur de charge; deux autres peignes



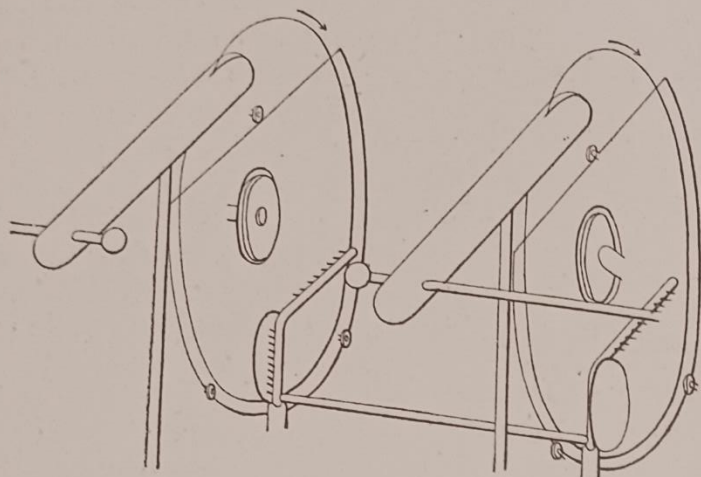
(FIG. 1.)



(FIG. 2.)

sont reliés aux conducteurs de décharge. Pour éviter les cessations d'action ou les interventions, il faut encore un autre conducteur correspondant au conducteur diamétral des machines ordinaires et précédant le conducteur de charge. Les deux peignes de charge peuvent à volonté être reliés comme le montre la figure, ou bien être mis en communication avec le sol. Il en est de même des peignes auxiliaires.

Les fig. 2 et 3 montrent comment la disposition précédente pourrait être construite en grand. Dans la première, les plateaux sont disposés dans le même plan, les deux plateaux mobiles placés en avant ont leurs axes passant à travers les plateaux fixes et une même manivelle, correspondant à une poulie à deux gorges, mène les deux poulies de ces axes et les fait tourner en sens inverse. Les conducteurs de décharge sont placés, sans peignes,



(FIG. 3.)

devant le plateau mobile et, de chaque côté, le peigne du conducteur de charge et celui du conducteur auxiliaire sont réunis sur une même pièce arquée.

Dans la seconde disposition (fig. 3), les plateaux sont parallèles dans des plans différents. L'axe de la manivelle situé à une certaine distance porte deux poulies, éloignées l'une de l'autre de la même quantité que les poulies des plateaux mobiles, et qui, à l'aide de courroies, les font tourner dans le même sens. Dans ce cas, les plateaux mobiles passent dans une fente des conducteurs, les peignes de charge et ceux du conducteur auxiliaire, disposés comme précédemment, sont placés entre les plateaux. La machine auxiliaire peut, dans ces dispositions, être placée à un endroit quelconque assez éloigné de l'appareil, mais les fils de jonction doivent être bien isolés.



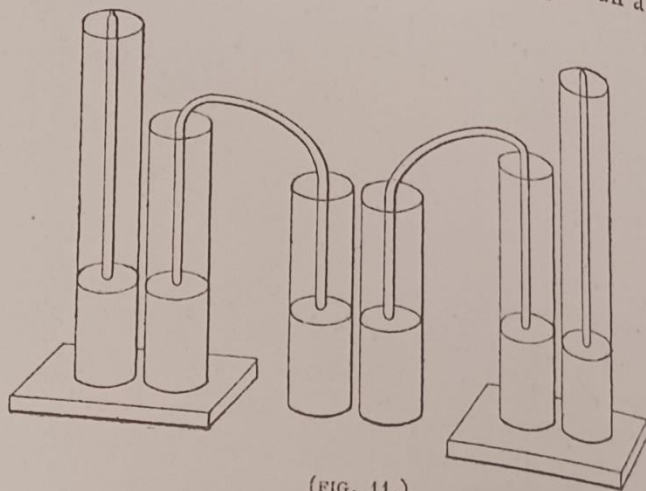
(FIG. 4.)

Pour supporter les axes des plateaux mobiles, M. Holtz recommande une sorte de trépied, à pieds de verre (fig. 4), dont la partie supérieure est en ébonite à l'exception des coussinets. Au-dessus de l'un de ceux-ci se trouve une petite pièce destinée à maintenir le haut du plateau fixe.

Pour les longues étincelles, le condensateur doit être construit d'une façon particulière; M. Holtz recommande de se servir de six jarres des dimensions relatives représentées dans la fig. 5, et reliées

entre elles comme le montre cette figure. Les deux extrêmes doivent être isolées sur des lames de verre ou d'ébonite.

M. Holtz indique encore une autre disposition représentée dans la fig. 6. Les deux plateaux fixes sont remplacés par un seul plateau rectangulaire. Ce dernier est placé devant les deux plateaux mobiles et porte deux armures qui se terminent par deux longues pointes de carton aboutissant par fenêtres. Les armures sont couvertes par un autre

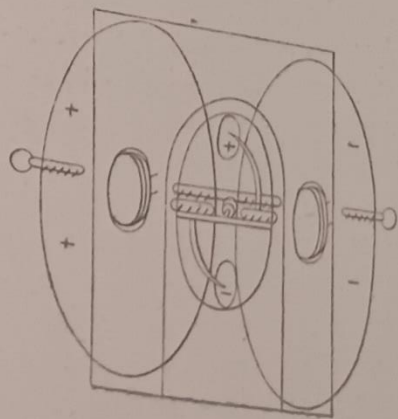


(FIG. 11.)

plateau de verre percé aussi de fenêtres correspondant aux premières. Deux peignes réunis par une tige qui traverse les deux plateaux fixes constituent le conducteur de charge. Le peigne le plus grand sert pour la charge des plateaux mobiles; le plus petit a pour effet de charger le plateau contenant les armures. Cette disposition paraît plus simple que les deux premières, mais l'auteur la considère comme moins pratique.

Dans un autre ordre d'idées, M. Holtz a étudié pratiquement un arrangement spécial des machines à influence.

Aux principes employés par M. Tœpler pour la construction de ses machines (1), se rattache une disposition simple, dans laquelle le plateau fixe, muni



(FIG. 6.)

de deux armatures de grande surface, est placé devant un disque tournant, sur lequel agissent seulement les deux peignes réunis par l'excitateur. Cette disposition est représentée en B (fig. 7) avec cette différence, que sur cette figure le plateau fixe est circulaire et d'une seule pièce, tandis que dans les appareils de M. Tœpler, il est quadrangulaire et formé de deux parties séparées. Lorsqu'on

(1) Voir *Lumière Électrique*, n° du 19 octobre 1881.

approche d'une des armures de l'appareil ainsi disposé un corps électrisé, la machine s'amorce et entre en fonctionnement, mais le flux électrique change continuellement de sens, même quand l'excitateur est fermé, et pour que l'action continue, il ne faut pas éloigner les conducteurs de plus de quelques millimètres.

Il y a là une disposition sans valeur pratique, mais intéressante au point de vue théorique, en ce sens qu'elle donne lieu à une action continue sans que le disque mobile communique aucune charge aux armures. M. Holtz explique cette action par une séparation des électricités dans les armures qui s'effectuerait de la manière suivante : le plateau mobile, tournant dans le sens de la flèche (fig. 7 B), agit plus fortement par influence sur le commencement des armures que sur leur extrémité opposée. Le plateau agit moins fortement sur ces dernières, parce qu'à ce moment son action s'exerce aussi sur les peignes ou bien parce qu'en s'approchant de ce point, il perd de plus en plus de sa charge. Les électricités des armures se trouvent ainsi séparées. L'électricité

contraire à celle dont est chargé le disque mobile se porte au commencement de l'armure ; l'extrémité de cette dernière se charge par suite de l'électricité inverse, et celle-ci doit avoir pour effet de changer de sens la charge du disque mobile. Si cette charge est plus forte que la première, la ma-

chine est dans les conditions voulues pour fonctionner d'une manière continue.

M. Holtz a fait un certain nombre d'expériences dans le but de déterminer si cette séparation des électricités a réellement lieu et aussi pour s'assurer si le fonctionnement de la machine dépend seulement

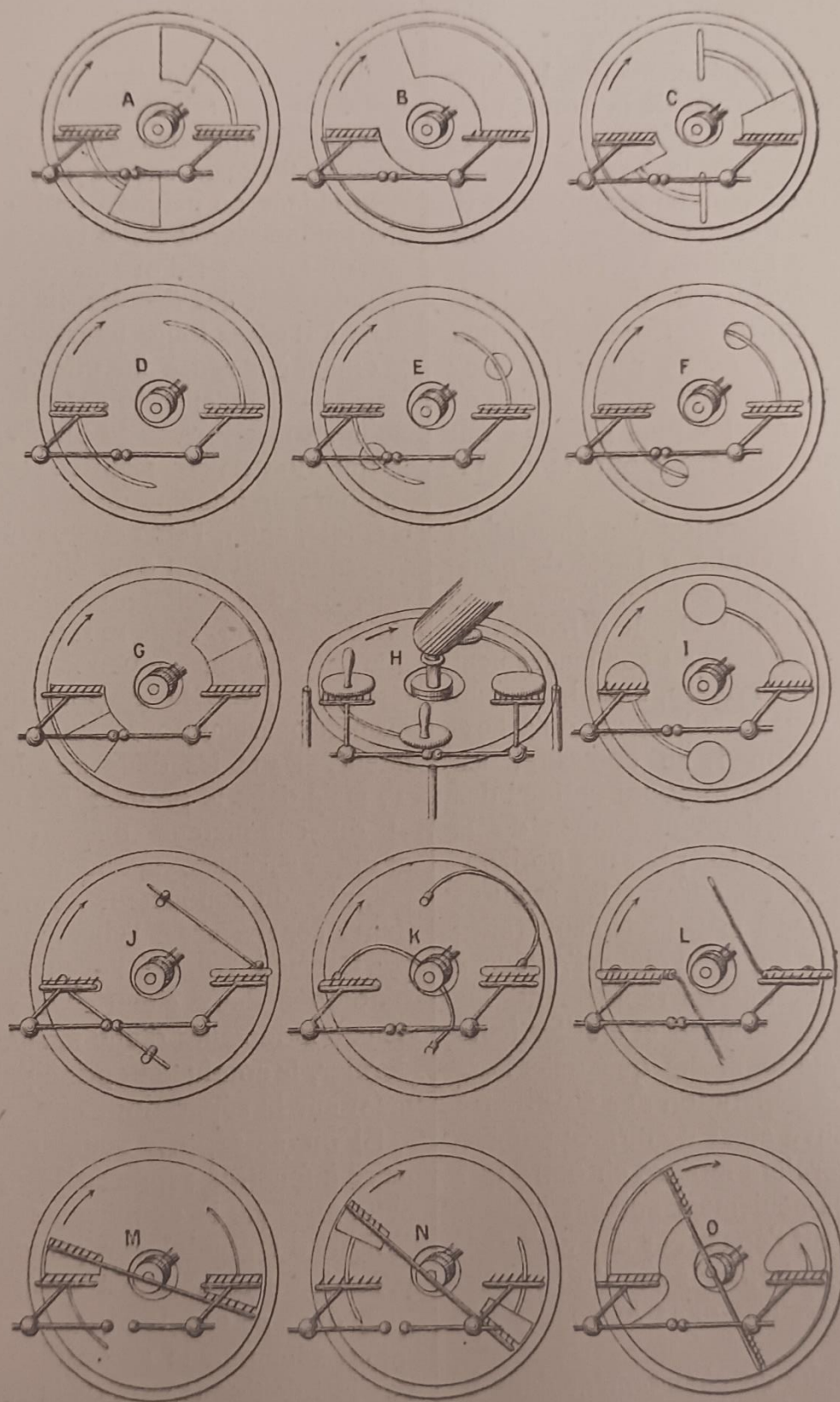
de cette séparation, ou s'il se produit en outre une charge par suite d'un écoulement électrique des armures vers les parties voisines du plateau de verre. D'autre part, il a cherché à résoudre la question de savoir si le changement de pôles est une action secondaire ou un phénomène principal nécessaire au fonctionnement continu de l'appareil.

En augmentant d'abord l'étendue des armures jusqu'à ce qu'elles arrivent à une distance l'une de l'autre de 5 à 10 millimètres l'auteur a vu augmenter la quantité d'électricité fournie, mais en même temps diminuer la tension ; cependant la machine n'a cessé de fonctionner que quand les armures ont été tout à fait rapprochées l'une de l'autre.

Les armures ont été alors partagées en deux parties réunies pour un ruban étroit de feuille d'étain et

placées dans les deux positions inverses représentées en A et en C (fig. 7). La disposition A fut reconnue comme étant la meilleure, mais dans aucun des deux cas le fonctionnement de la machine ne fut interrompu.

M. Holtz a réduit ensuite les armures à une



(FIG. 7.)

bande très étroite en forme de T (disposition D). Dans ce cas l'effet fut totalement changé, il n'y eut plus d'intervention de sens, mais l'action cessa au bout de 10 à 12 secondes.

Un disque de papier d'étain fut alors ajouté à chaque armure soit dans la position E, soit dans la position F. Dans les deux cas les interventions se reproduisirent et l'appareil fonctionna d'une manière continue.

L'auteur conclut de ces expériences que le changement de pôles dépend non pas de la forme, mais de l'étendue des armures, en outre, que la rapidité des interventions dépend de la forme de ces armures et qu'elle est maximum dans la position F.

Pour voir si la rapidité des changements de pôle dépend de l'étendue des armures, M. Holtz a employé les armures remplaçables de deux grandeurs indiquées en G; en les constituant avec du papier d'étain, le résultat a été le même pour les deux grandeurs; mais en se servant de papier au lieu de feuilles d'étain, les armures les plus grandes ont donné des changements de sens moitié moins rapides que les plus petites.

En ce qui concerne la séparation des électricités des armures, M. Holtz a étudié à l'aide de plans d'épreuve l'état électrique de ces dernières. Avec les armures de la disposition G, il a trouvé la charge électrique de même sens au commencement et à l'électricité de chaque armure, mais beaucoup plus faible au commencement de l'armure qu'à l'extrémité. Avec la disposition I, au contraire, les plans d'épreuves ont presque toujours indiqué des électrisations inverses aux deux extrémités de la même armure. En disposant les plateaux horizontalement comme en H et constituant les armures avec deux plateaux mobiles à manche isolant, reliés par une bande étroite de papier d'étain, l'auteur a pu à un moment donné, enlever rapidement les deux plateaux d'une même armure et étudier leurs charges; le résultat a été le même que dans l'expérience précédente. La séparation des électricités dans les armures se trouve ainsi confirmée par ces expériences, mais la dernière montre en outre que la séparation a lieu non-seulement suivant la longueur, mais encore suivant l'épaisseur des armures.

La séparation dans ce dernier sens doit rendre moins complète la séparation dans le sens de la longueur.

Pour voir s'il en résulte un changement dans le fonctionnement de la machine, M. Holtz a d'abord comparé les arrangements H et I; les interventions ont été aussi rapides dans un cas que dans l'autre mais la quantité et l'intensité obtenues plus grandes avec les armures plates qu'avec les plateaux épais. Avec des armures formées par un fil en forme d'arc et représentées en K, l'effet obtenu a été meilleur avec un arc court qu'avec un arc de grand développement.

Restait à savoir si le flux électrique indiqué plus haut se produit réellement. Pour cela M. Holtz a remplacé les armures de papier par des fils métalliques (arrangement J) et a constaté dans l'obscurité le flux électrique à l'extrémité de ces fils. Les interventions se sont alors produites à des intervalles de 45 secondes en moyenne, tandis qu'avec les armures précédemment décrites elles se produisaient de deux en deux secondes. La durée des périodes fut diminuée en enfermant l'extrémité des fils dans des tubes de verre. L'auteur a ensuite enfermé complètement dans des tubes, non-seulement le fil, mais encore la partie de l'armure correspondant au peigne, (voir en L). On n'eut plus alors d'interventions, et l'action cessa au bout d'un certain temps. En ouvrant l'extrémité des tubes qui recouvraient les fils, les interventions reparurent, mais à d'assez longs intervalles.

Quant à la cause des interventions de pôles l'auteur pense qu'elle doit résider dans la polarisation de la surface interne du plateau mais ne décide pas la question d'une manière certaine. En se servant toujours en principe de la disposition B, M. Holtz a étudié, enfin, l'effet du conducteur diamétral. Avec l'arrangement M, il a pu éloigner l'une de l'autre les branches de l'excitateur sans que le fonctionnement fût interrompu, mais le rapprochement de ces tiges a arrêté au bout de peu de temps la marche de la machine. Avec la disposition N, au contraire, la machine marche pour toutes les positions de l'excitateur. Dans les deux cas les armatures sont en T, mais dans le premier les peignes de l'excitateur et du conducteur diamétral correspondent aux grandes surfaces, tandis que, dans le second, les peignes du conducteur diamétral seuls correspondent à ces surfaces. Dans le premier cas, on ne peut pas fermer à volonté l'excitateur, parce que la séparation des deux électricités se ferait alors vers les deux conducteurs d'une manière différente; dans le dernier, le conducteur principal n'influe pas sensiblement sur la séparation.

Si on se reporte maintenant à la machine ordinaire à fenêtres représentée en O, on voit que dans cette machine le conducteur diamétral est bien plus éloigné du conducteur principal que dans les cas précédents et cela n'a aucun inconvénient parce que, dans ce cas, la séparation des électricités n'est qu'un phénomène accessoire et qui ne détermine pas le fonctionnement de la machine. Mais ce n'est pas à dire pour cela que, dans ce cas aussi la séparation ne se reproduise pas; seulement les armures se trouvant sans cesse rechargées par le jeu de la machine au moyen des pointes de carton des fenêtres, la séparation des électricités n'exerce aucune influence.

A. GUEROUT.

LA
LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

JOURNAL UNIVERSEL D'ÉLECTRICITÉ

Revue Scientifique Illustrée

Publiée sous la direction scientifique de M. TH. DU MONCEL

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ
LUMIÈRE ÉLECTRIQUE — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE
SCIENCE ÉLECTRIQUE, ETC.

TOME TROISIÈME

PARIS
AUX BUREAUX DU JOURNAL

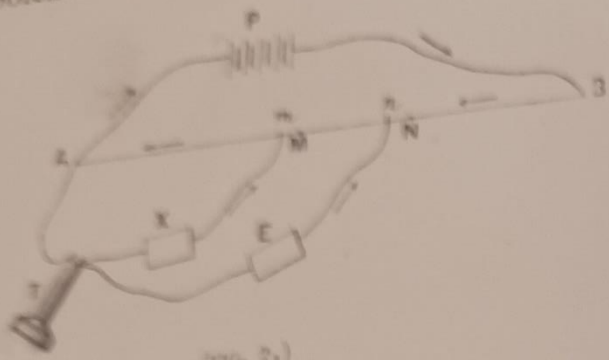
51 — Rue Vivienne — 51

1881

P (fig. 2.)
l'élément inconnu (X) : le circuit de cette pile est un fil de résistance assez grand, tendu sur une surface divisée.

Le point A est relié à l'une des bornes d'attache d'un téléphone T, et la deuxième borne donne naissance à deux circuits AXm , EN , comprenant l'un l'élément inconnu X, l'autre l'élément type E, et terminés par les pointes métalliques m et n . Le sens dans lequel la pile P et chacun des éléments sont disposés est indiqué par les flèches.

Soient M et N les points où, pour chaque circuit,



(fig. 2.)

le bruit causé dans le téléphone par la friction de l'aiguille m ou n sur le fil de résistance cesse complètement; on a d'après des formules connues, X, E et P étant les forces électro-motrices de l'élément inconnu, de l'élément type et de la pile P :

$$X = \frac{P \cdot AM}{R + AB} \quad E = \frac{P \cdot AN}{R + AB}$$

R étant la résistance de la partie A P B du grand circuit, évalué en longueur d'un fil de résistance égale à A B par unité de longueur.

On aura donc ainsi $\frac{X}{E} = \frac{AM}{AN}$ en supposant que les grandeurs E et R n'aient pas varié pendant l'intervalle des déterminations de M et N. Or, c'est ce qui aura presque toujours lieu avec la disposition que nous avons adoptée, car on peut, en tenant le téléphone à l'oreille, prendre à la fois les deux aiguilles, mettre à la main et déterminer immédiatement l'une après l'autre et, si l'on veut, par des observations croisées, les positions des deux points M et N.

III. — Détermination de l'intensité d'un courant.

De la formule citée plus haut : $E = \frac{P \cdot AN}{R + AB}$, on

peut déduire que $\frac{E}{AN} = \frac{P}{R + AB} = I$; I étant l'in-

tensité du courant principal qui passe par le fil AB.

donc E est un élément type de force motrice

variable, et si l'on connaît la résistance du fil AB

par unité de longueur, la seule lecture de la longueur

AN donnera l'intensité du courant de la pile P.

On aura donc ainsi un moyen simple de mesurer

La grosseur du courant à étudier, afin de ne pas trop l'affaiblir, et aussi pour que le point N puisse tomber dans les limites de l'échelle. Nous aurons d'ailleurs à revenir sur ce détail, qui demande de nouvelles expériences.

Dans la plupart des cas, en disposant les appareils, on s'apercevra que si l'on relie au téléphone l'une des électrodes de l'élément type E, on trouve en promenant l'autre électrode sur le fil AB, un point silencieux; en renversant le rôle de ces deux électrodes, on n'en rencontre plus. Cette simple remarque suffit pour déterminer le sens du courant inconnu. Ce sens est, dans le fil A B, le même que celui que donnerait l'élément E pour la première disposition (celle où il existe un point silencieux).

On voit que le téléphone, en lui adjoignant un ou deux appareils qu'il est aisé de construire soi-même partout, tels que des couples à force électro-motrice, à force constante, et des rhéocordes à fils de diverses grosseurs, permet de mesurer par une manipulation très simple presque toutes les grandeurs utiles aux électriciens.

G. CHAPERON

Ingénieur civil, ancien élève de l'École Polytechnique.

EXPÉRIENCES COMPARATIVES

FAITES SUR DES

RHÉOPHORES EN CHARBON

NUS ET MÉTALLISÉS

Ces expériences ont été faites dans les ateliers de MM. Sautter et Lemonnier, qui ont mis gracieusement à ma disposition leur personnel et leur matériel. La source électrique était une machine Gramme (n° 55), modèle d'atelier, type 1876, bobine en fil 16/10. On a intercalé entre la machine et la lampe Serrin une résistance de 146 mètres de fil 39/10. La vitesse de la machine, qui a peu varié, était d'environ 950 tours.

M. Carré, qui s'intéressait aux résultats de mes expériences, avait lui-même soigneusement choisi les charbons parmi ceux d'une même fournée.

Les mesures photométriques ont été prises en projetant la lumière en avant, au moyen d'une taille oblique. M. Lemonnier a reconnu que cette méthode donne des résultats assez exacts, et comparables entre eux. Cependant, lorsqu'on fait varier les sections des rhéophores et l'état de leurs surfaces, ce

procédé me paraît être insuffisant. Aussi les évaluations photométriques inscrites ici doivent-elles être contrôlées par des mesures plus complètes prises sous diverses inclinaisons.

Au positif, la taille est bonne avec le cuivre, et excellente avec le nickel; au négatif, la taille est un peu trop courte avec les charbons nickelés.

Indépendamment de l'amélioration apportée à la

d'une mince application superficielle d'un métal réfractaire sur les charbons, avantages qu'on peut résumer ainsi : 1^o durée plus grande des charbons à section égale et à rendement lumineux égal; 2^o accroissement du rendement lumineux à durée égale, avec des charbons de moindre section.

Parmi les métaux réfractaires (lesquels seuls peuvent efficacement protéger les charbons contre les

(FIG. 1.)



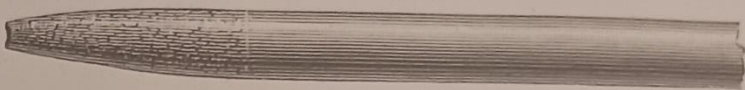
(FIG. 1.)



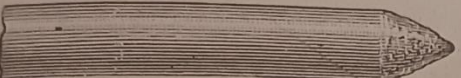
(FIG. 2.)



(FIG. 2.)



(FIG. 3.)



(FIG. 3.)



taille du charbon positif, le nickel a prolongé de cinquante pour cent la durée du charbon de 9 millimètres et de soixante deux pour cent la durée du charbon de 7 millimètres. Le charbon cuivré a une durée intermédiaire entre le nu et le nickelé.

A sections égales, la métallisation ne modifie pas sensiblement le rendement lumineux.

Mais la grandeur de la section a une influence

combustions latérales), le nickel doit être préféré et je l'emploie presque exclusivement, surtout pour le pôle positif (¹). Cependant le cuivre donne des résultats satisfaisants avec des courants alternatifs, ainsi qu'il ressort des expériences prolongées que MM. Lontin et C^{ie} ont faites avec mon autorisation, dans la gare du chemin de fer de Lyon.

Les figures ci-dessus représentent la manière

DIMENSIONS	ÉTAT DE LA SURFACE	Longueur dépensée en une heure. (en millimètres)			Longueur de la taille. (en millimètres)		Intensité lumineuse en Bees Carcel.
		Positif.	Négatif.	Total.	Positif.	Négatif.	
Diamètre : 7mm. Section : 0 c. q. 3846.	Nue (fig. 1).	166	68	234	53	23	947
	Cuivrée (fig. 2).	146	40	186	24	10	?
	Nickelée (fig. 3).	106	38	144	12	7	947
Diamètre : 9mm. Section : 0 c. q. 6358.	Nue.	104	50	154	45	22	528
	Cuivrée.	98	34	132	27	7	553
	Nickelée.	68	36	104	21	7 1/2	516

considérable sur la quantité de lumière obtenue. Ainsi, les charbons de 7 millimètres ont fourni des évaluations photométriques supérieures de soixante-dix pour cent à celles données par les charbons de 9 millimètres. Les mesures photométriques ont été prises par M. Jacquet, ingénieur électricien de l'usine Sautter et Lemonnier.

Ces résultats très nets, prévus d'ailleurs par la théorie, démontrent les avantages qu'on peut retirer

dont les charbons nus et métallisés s'usent. La figure 1 se rapporte aux charbons nus, la figure 2 aux charbons cuivrés, la figure 3 aux charbons nickelés.

E. REYNIER.

(¹) Le fer est difficile à appliquer en couche mince; quant au platine et aux métaux de la même famille, il faut les écarter à cause de leur prix.

Principe de la conservation de l'électricité.

M. G. Lippmann a présenté dernièrement à l'Académie une note sur ce sujet, dans laquelle il formule mathématiquement ce principe.

On sait que si la distribution de l'électricité peut changer en se répandant sur les corps, la somme des quantités d'électricité libre ne varie jamais. Or, si on désigne par x et y deux variables indépendantes desquelles dépend la quantité d'électricité que reçoit un corps, et que dm représente la quantité d'électricité reçue par le corps lorsque x augmente de dx et y de dy , on peut poser

$$dm = P dx + Q dy,$$

P et Q étant deux fonctions de x et de y .

Or le principe de la conservation de l'électricité peut s'exprimer par la condition que dm soit une différentielle exacte, ce qui se traduit par la condition connue d'intégrabilité

$$\frac{dP}{dy} = \frac{dQ}{dx}.$$

Telle est donc l'expression analytique générale du principe de la conservation de l'électricité.

Ce principe peut s'énoncer sous la forme suivante : *quels que soient les phénomènes qui se produisent entre les parties d'un système, l'attraction électrique totale exercée sur ce système par un point électrique infiniment éloigné, demeure invariable.*

Lampe électrique de M. Gramme.

L'une des premières inventions de M. Gramme fut une lampe électrique qui, malheureusement, ne tint pas ce qu'elle promettait et qu'il n'eut pas le loisir de perfectionner, étant alors en train de construire sa machine dynamo-électrique. Depuis peu, il a repris sa première idée, et il vient de construire une nouvelle lampe pour les foyers intenses qui, cette fois, ne laisse guère à désirer. Nous la représentons dans la figure ci-contre.

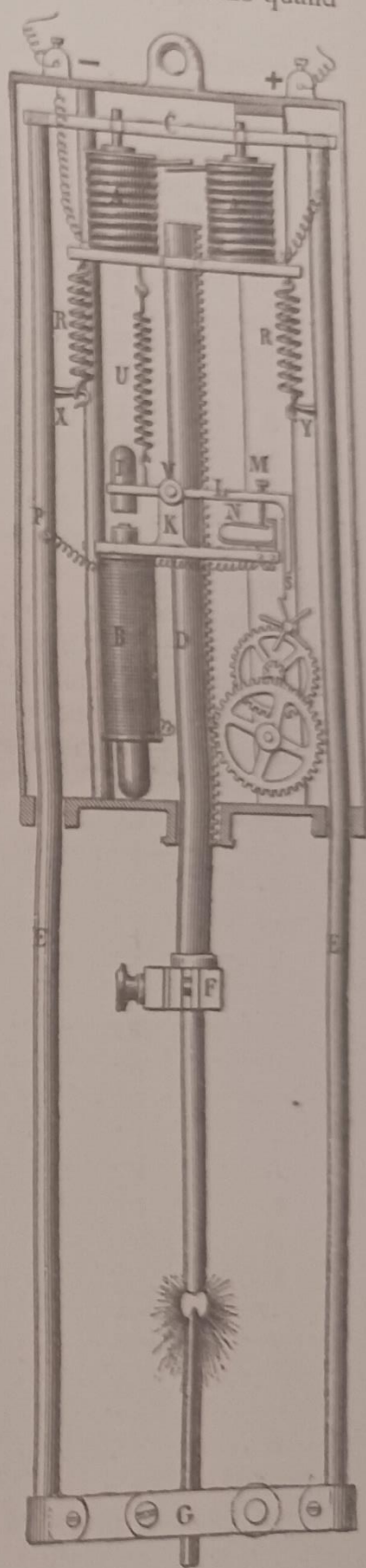
Dans cet appareil, le porte-charbon inférieur est fixe, et le mécanisme commandant le jeu de la lampe est placé, comme dans les lampes Brush, à la partie supérieure de l'appareil. Toutefois, cette disposition peut être modifiée quand on veut obtenir un point lumineux fixe; mais comme cette lampe est surtout destinée aux éclairages puissants, et que, pour cette application, la fixité du point lumineux n'est pas indispensable, il s'est surtout arrêté à la disposition que nous représentons.

Le mécanisme régulateur est renfermé, comme on le voit, dans une enveloppe cylindrique à travers laquelle passent les tiges-supports des porte-charbons. Il se compose de deux parties complètement distinctes, l'une destinée à l'avancement progressif des charbons, l'autre à leur recul pour l'allumage. Cette dernière est commandée par un fort électro-aimant AA, fixé au support de l'enveloppe cylin-

drique et dont l'armature C, reliant les deux tiges EE du support du charbon inférieur, se trouve maintenue à distance des pôles électro-magnétiques par deux forts ressorts à boudin RR, du moins quand le courant n'anime pas le système. Quand, au contraire, il l'anime, cette armature est attirée, et le porte-charbon inférieur est abaissé; c'est ce qui produit la disjonction des charbons.

La partie du mécanisme destinée à l'avancement des charbons est, comme dans tous les régulateurs de ce genre, constituée par un rouage d'horlogerie actionné par le porte-charbon supérieur qui est suffisamment lourd et qui est muni, à cet effet, d'une crémaillère engrenant avec le premier mobile de ce rouage. Le dernier mobile, constitué par une sorte de pignon à cinq longues dents, sert d'organe d'embrayage, et, à cet effet, se trouve, en temps ordinaire, buté contre un système de détente à rhéotome disjoncteur S, qui est commandé par un électro-aimant B. La disposition de cette détente est bien comprise et permet un réglage facile, tout en évitant les effets brusques et les vacillations de la lumière. Elle se comprend d'ailleurs aisément, dès lors que l'on sait que I est l'armature de l'électro-aimant, L le levier de la détente, articulé en V sur un pont K, M le butoir d'arrêt formant contact avec le ressort N, et U le ressort antagoniste du système.

Le courant qui traverse l'électro-aimant B est pris en P, et est conduit au massif de l'appareil par le ressort N, contre lequel appuie le butoir M, et par le levier L, de sorte qu'il se trouve former, comme



dans les lampes Tchikoleff, Lontin et autres, une dérivation du courant principal qui passe par le massif de l'appareil, le porte-charbon supérieur, le porte-charbon inférieur, les tiges E E et l'électro-aimant A A. Tant que ce courant principal conserve une intensité déterminée, la lame S embraye le mouvement d'horlogerie et empêche le porte-charbon D de descendre; mais, quand cette intensité s'affaiblit, le courant prédomine dans la dérivation à travers l'électro-aimant B, et détermine le déclenchement du mécanisme, tout en coupant le courant à travers son hélice magnétisante. Sans ce déclenchement, il serait résulté de cette action un mouvement de trembleur; mais comme, par suite du déclenchement, les charbons se sont rapprochés et ont diminué l'intensité du courant à travers la dérivation, la vis M peut revenir au contact du ressort N sans provoquer une nouvelle attraction de B. Cette intermittence dans l'action de l'électro-aimant B a, suivant l'auteur, l'avantage de supprimer les variations de lumière que l'on remarque dans les autres systèmes de régulateurs.

Cet avantage s'explique, d'après l'auteur, de la manière suivante. « Dans tous les régulateurs actuels à moteur puissant, le mouvement de rapprochement des charbons est obtenu à l'aide d'un électro-aimant et d'un ressort antagoniste. Quand l'influence de l'électro-aimant se fait sentir, c'est-à-dire quand l'armature est attirée, la distance des pôles à ladite armature étant diminuée, l'équilibre entre la force du ressort antagoniste et celle de l'électro-aimant se trouve rompu pendant un certain temps; les charbons se rapprochent un peu plus qu'ils ne devraient le faire, et l'arc grandit successivement avant d'amener un nouveau déclenchement des rouages. Les variations de l'arc amènent naturellement des variations d'intensité, et le régime lumineux prend l'allure particulière qu'on lui connaît. Avec l'action intermittente du courant, les choses se passent autrement. Dès que l'équilibre est rompu entre le ressort et l'électro, le déclenchement s'opère, et les charbons se rapprochent de quelques centièmes de millimètre; puis, presque instantanément, l'influence de l'électro-aimant s'annule complètement, le ressort antagoniste remet l'armature dans sa position première, et il faut une nouvelle rupture d'équilibre pour amener un nouveau déclenchement. »

Il paraît qu'au moyen de cette lampe et d'une nouvelle machine à électro-aimants plats, on obtient 5 foyers de 150 becs Carcel, avec une force de 6 chevaux.

Résistance des charbons à lumière.

L'année dernière, M. Siemens ⁽¹⁾ a publié quelques résultats relatifs à la diminution de résistance

⁽¹⁾ Voir la *Lumière Électrique* 1880, p. 370.

qu'éprouvent les charbons à lumière sous l'influence de la chaleur. En terminant sa communication, il émettait l'opinion que cette variation de résistance devait être due à un phénomène analogue à celui qui se passe dans le sélénium, c'est-à-dire que le charbon devait éprouver, sous l'influence de la chaleur, une certaine modification allotropique. Antérieurement aux expériences de M. Siemens, M. Beetz avait cherché à expliquer le phénomène en supposant que, par suite de l'échauffement, les groupes de molécules s'unissent plus intimement, et que le charbon constitue alors un meilleur conducteur.

Différentes circonstances ayant amené M. Beetz à reprendre les expériences de M. Siemens, il a opéré sur des charbons de Carré et deux échantillons de charbons de cornue fournis par Duboscq, l'un à gros grain, l'autre à grain fin.

Pour le charbon de Carré, d'une longueur de 116 millimètres, d'une section de 3,06 millimètres carrés, et d'une densité de 1,615, il a trouvé une résistance de 1,463 unités Siemens à 19 degrés, et a déterminé en outre que, pour une augmentation de température de 1 degré, la résistance diminue de 0,000321 pour 100 de sa valeur primitive. Pour le charbon de cornue à gros grain (longueur 151 millimètres, section 26,4 millimètres carrés, densité 1,913), la résistance est, selon lui, à 19 degrés, 0,1836 unités Siemens, et la diminution de résistance par degré 0,000285. Enfin, pour le charbon de cornue à grain fin (longueur 122 millimètres, section 39,9 millimètres carrée, densité 1,900), il trouve une résistance de 0,1554 à 19 degrés, et une diminution de résistance par degré égale à 0,000287. Ces nombres sont sensiblement d'accord avec ceux donnés par M. Siemens, qui avait trouvé que la diminution de résistance par degré est pour le charbon artificiel 0,000301, et pour le charbon de cornue 0,000345.

Mais M. Beetz voulant vérifier l'hypothèse émise par M. Siemens, comparativement avec la sienne, a entrepris quelques expériences sur de l'oxyde de manganèse (pyrolusite) en poudre, comprimé dans un tube de verre. Il a observé dans cet aggloméré une semblable diminution de résistance sous l'influence de la chaleur, et a trouvé un coefficient de diminution de résistance par degré de 0,00307. Il s'est assuré, en outre, que le passage du courant dans l'oxyde de manganèse ne produit aucune polarisation et que, par suite, ce corps n'est pas assimilable aux électrolytes. En présence de ces résultats, M. Beetz se demande si l'on peut, pour l'oxyde de manganèse comme pour le charbon, admettre la production d'une modification allotropique, et, pensant d'ailleurs que les charbons à lumière sont trop peu homogènes pour se prêter à un pareil changement moléculaire, il conclut, jusqu'à meilleure explication des deux phénomènes, au maintien de sa première hypothèse.

(Wiedemann's Annalen.)

inconvenient. De plus, il est combiné de telle façon que les employés ne peuvent changer les indications des appareils que d'un commun accord aux deux extrémités de la section, ce qui a été reconnu très important; et comme il pourrait arriver que des effets atmosphériques ou des courants accidentels pussent faire fonctionner inopportunistement les appareils, des dispositions ont été prises par M. Winter pour parer à cette éventualité.

L'*Electrician* donne ensuite la description sommaire d'un indicateur de la marche des trains, qui ressemble beaucoup à celui de M. Regnault, et même aux appareils de M. Tyer. Il a, comme ceux-ci, deux cadrans indicateurs au centre desquels se meut un pointeur ayant une couleur rouge pour les trains approchant de la station et une couleur noire pour les trains s'en éloignant. Comme chaque aiguille peut avoir deux positions, elle peut indiquer d'un côté le signal de *voie libre*, de l'autre côté le signal de *voie occupée*. Sur l'indicateur rouge sont imprimés les mots: *trains venant en avant*, et sur l'indicateur noir: *trains allant à...*, et entre ces deux indications se trouve celle de la station à laquelle elles se rapportent. Chaque appareil est muni d'un manipulateur pour transmettre les signaux à la station en correspondance, d'une sonnerie d'appel et d'un indicateur de contrôle, car aucun signal n'est regardé comme valable que quand il est contrôlé. Il faut même qu'un signal envoyé soit suivi de son contrôle pour que l'appareil indique le signal.

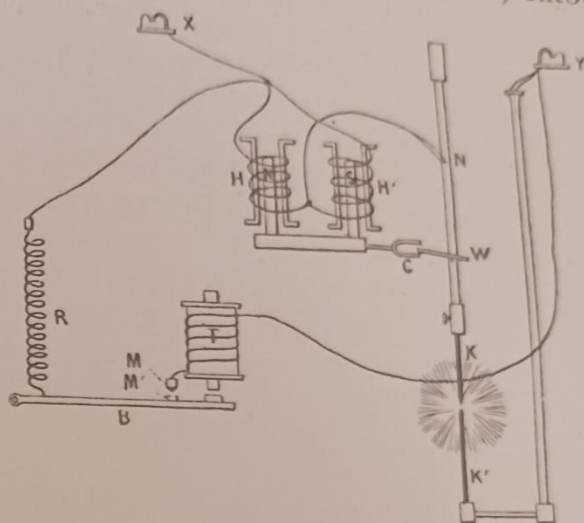
Comme ces prescriptions ne sont pas toujours remplies. M. Winter a établi en dehors de la cabine où se trouvent les appareils, un sémaphore de départ visible pour les mécaniciens, et qui est relié de telle façon avec le *block-system*, qu'il ne peut être abaissé pour laisser la voie libre que quand le signal de voie libre est donné par les appareils électriques; c'est ce qui a été réalisé dans les systèmes de MM. Siemens et Lartigue. Enfin, M. Winter fait en sorte que le train lui-même, en arrivant à une station, provoque automatiquement l'apparition du signal d'alarme qui ferme la voie, et qui ne peut disparaître que quand le train en est sorti ou plutôt quand le train ayant parcouru la section correspondante à cette station, l'employé des signaux de la section suivante a envoyé le signal de voie libre.

Lampe électrique du système Brush.

Le système d'éclairage électrique de M. Brush, paraissant prendre quelque extension en Amérique et en Angleterre, il est à propos d'en décrire les dispositions. Nous avons donné des détails suffisants sur la machine génératrice dans notre numéro du 1^{er} septembre 1880, il reste à indiquer, au moins, les principes de la lampe. Nous les donnerons d'après

les journaux américains, desquels nous extrayons aussi les diagrammes ci-joints :

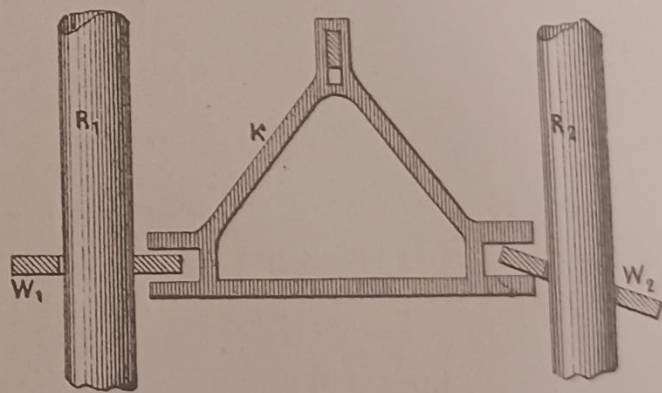
Comme on le voit par la fig. 1, le charbon inférieur K' de la lampe est fixe, le charbon K tend à descendre par son poids. Le courant entrant dans la lampe à la borne X est amené au charbon supérieur en N, après avoir parcouru les circuits H et H', entourant



(FIG. 1.)

deux bobines formant solénoïdes. Lorsque les charbons K et K' sont rapprochés, ces solénoïdes entrent en action, attirent le fer à cheval N S, et celui-ci, agissant sur un anneau W, sur lequel nous reviendrons, soulève le charbon K, l'écarte du charbon K' et détermine la formation de l'arc.

Dans ces conditions, on ne pourrait placer qu'une lampe par circuit, l'étendue de l'arc n'étant limitée que par l'intensité totale du courant. Mais autour

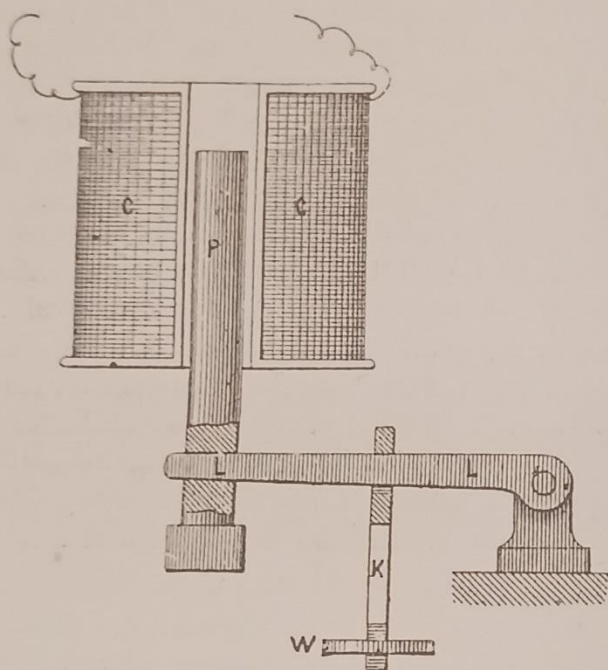


(FIG. 2.)

des bobines H et H' existe un deuxième circuit, non indiqué dans la figure; celui-ci est formé d'un fil très fin et très résistant, il est enroulé sur le solénoïde en sens contraire du circuit H H' et, de plus, allant directement de la borne x à la borne y, il forme dérivation par rapport au conducteur lumineux. Ce circuit, ayant une grande résistance, ne reçoit qu'une quantité insignifiante d'électricité tant que l'arc voltaïque ne grandit pas plus qu'il ne convient; si celui-ci tend à s'accroître trop, la résistance s'accroît aussi, la dérivation reçoit plus d'électricité, son action sur le solénoïde augmente, contrebalance l'action attractive du circuit H H', le

plongeur NS descend ainsi que le charbon K, et l'arc diminue. En établissant entre le circuit HH' et le circuit de fil fin une proportion convenable, on assigne à l'arc une dimension qu'il ne peut dépasser, la lampe n'absorbe qu'une portion déterminée du courant, et on peut en mettre plusieurs sur un même circuit.

Le dispositif figuré en T, à gauche de la figure, est destiné à mettre la lampe hors du circuit général en cas d'accident. A cet effet, l'électro-aimant T porte deux circuits de même sens : l'un, formé de fil fin, fait suite à la dérivation dont je viens de parler et n'est pas figuré ; l'autre, formé de gros fil, va directement de la borne x à la borne y, mais il est normalement interrompu en M M'. Si la lampe, cesse de fonctionner régulièrement, la dérivation recevant par suite beaucoup d'électricité, l'électro-aimant T fonc-



(FIG. 3.)

tionne, soulève l'armature AB, ferme en MM' le court circuit qui ne fait qu'augmenter son action, tandis que l'électricité allant directement de x en y, la lampe est exclue.

Le diagramme (fig. 2 et 3) montre plus en détail la façon dont les charbons sont saisis et soulevés par l'action du solénoïde. Les bobines sont figurées en C (fig. 3), le fer doux qu'elles attirent est en P ; à l'aide d'un levier, il soulève une pièce K. Celle-ci est vue de face dans la figure 2 ; dans ce dessin, elle est destinée à conduire une lampe à deux charbons. Ceux-ci sont entourés de petites rondelles W W₂, percées d'un orifice un peu plus large que le charbon. Tant que la rondelle est horizontale comme en W, le charbon est libre, mais si la pièce K se soulève, la rondelle attaquant obliquement le charbon comme en W₂, le saisit et le soulève en même temps. Dans la lampe à deux charbons, l'une des deux pinces qui saisissent les rondelles est plus large que l'autre, en sorte que l'un des deux charbons est soulevé le pre-

mier, et l'arc ne se produit que du côté du charbon laissé en retard jusqu'à ce que celui-ci soit complètement consumé.

Les dispositions de cet appareil doivent être sujettes à très peu de dérangements. Les journaux américains assurent que le fonctionnement est excellent. Nous ne demandons pas mieux que de le croire. Seulement, à côté de ces assertions, ces publications n'hésitent pas à avancer que M. Brush a résolu un problème considéré comme insoluble, et que son système est le seul qui permette de faire brûler, dans un même circuit, plusieurs lampes à arc. Or, sa solution procède de la dérivation à l'aide de laquelle, depuis longtemps, M. Lontin a pu mettre en circuit jusqu'à douze lampes à arc, et qui a fourni les systèmes de Mersanne, etc., et de la combinaison différentielle des circuits qui a donné les lampes Siemens (voir 15 janvier 1880), Tchikoleff (1^{er} mai 1880), et autres analogues. On ne voit donc pas qu'il y ait rien de bien nouveau dans le système. Quant à sa disposition, elle est incontestablement plus simple que les autres ; est-elle meilleure ? Avant de l'affirmer il sera prudent d'attendre.

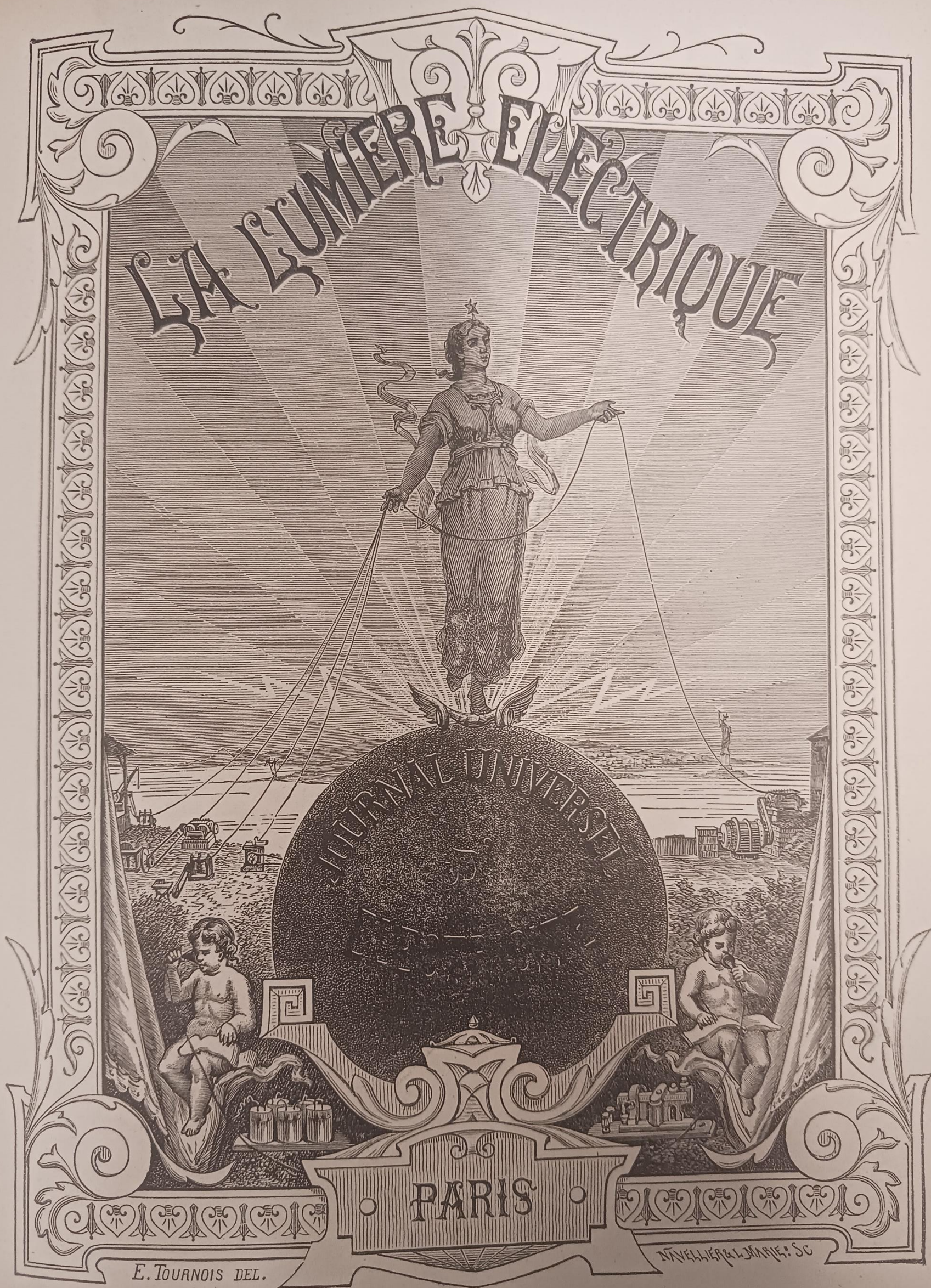
F. G.

Electro-aimants tubulaires à noyaux multiples.

Les électro-aimants de M. Russel, dont nous avons parlé dans un de nos précédents numéros, et qui ont été appliqués par lui à divers appareils, nous engagent à donner quelques détails sur les électro-aimants de MM. Camacho et Cance, qui ont été étudiés d'une manière toute spéciale par M. Th. du Moncel (voir comptes rendus de l'Académie des Sciences des 28 juin et 5 juillet 1875).

Les électro-aimants de M. Camacho ont pour noyaux magnétiques des tubes minces de fer doux introduits les uns dans les autres et séparés suffisamment pour permettre l'enroulement d'une hélice sur chacun deux. Le noyau central est constitué par une tige de fer massif, et le tout est rivé sur la culasse de fer de l'électro-aimant. Une disposition analogue a été prise dans les électro-aimants de M. Cance, mais les tubes de fer sont remplacés par des fils de fer juxtaposés qui forment une garniture cylindrique autour de chaque hélice magnétisante, ce qui rend la construction de ces sortes d'électro-aimants beaucoup plus simple et leur action meilleure, en raison de la promptitude plus grande de l'aimantation et de la désaimantation. Ces sortes d'électro-aimants sont beaucoup plus énergiques que les électro-aimants ordinaires, comme l'ont démontré les expériences de M. du Moncel.

En étudiant séparément la force attractive de chaque pôle cylindrique, et les comparant à la force totale, il a d'abord été reconnu que la force déve-



La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

Édition mensuelle
Paris et Départements : Un an, 10 fr.
Union postale 12 »

AGENCE
22, PLACE VENDÔME, 22

Le numéro : Un franc.
Annonces, la ligne : 2 »
Réclames, la ligne : 5 »

Administrateur : A. GLENARD. — Secrétaire du Comité de rédaction : FRANK GÉRALDY

N° 3

Paris, 15 Juin 1879

Tome I^{er}

SOMMAIRE

Lettre de M. le ministre de la guerre, à M. le comte du Moncel, autorisant la collaboration des officiers de l'armée. — De l'Arc voltaïque et de ses différentes formes, Th. du Moncel. — Transport électrique du travail mécanique à distance, Applications au labourage etc. etc., système Chrétien et Félix. Gessé. — Expériences nouvelles sur l'origine des sons dans le téléphone, Frank Gerdly. — D'électricité en lumière; *desiderata numériques*, 2^e article, travail disponible. Gessé. — L'audiomètre et la balance d'induction de M. Hughes, E. Hospitalier. — Lettre de M. Hughes au comte du Moncel. — La lumière électrique au Salon, P. G. — Cables sans induction de M. Brooks. — Renseignements et Correspondance. Téléphones parlementaires de M. Rodde au Brésil; Extension des applications téléphoniques; Pile thermo-électrique Clarmond etc. — Faits divers.

Nous reproduisons ci-dessous la réponse de M. le Ministre de la guerre à M. le comte du Moncel, notre directeur scientifique. Nous profitons de la circonstance pour renouveler l'appel que nous avons déjà adressé à MM. les officiers de l'armée pour leur demander leur concours et leur collaboration.

MINISTÈRE DE LA GUERRE

ÉTAT-MAJOR GÉNÉRAL

5^e bureau

Dépôt de la Guerre

SERVICE GÉODÉSIQUE

N° 339

Autorisation de collaborer au Journal la Lumière électrique.

Paris, le 25 avril 1879.

MONSIEUR,

Je verrai avec plaisir les officiers de l'armée collaborer au Journal universel d'Électricité, *La Lumière électrique*, dont vous avez accepté d'être le directeur scientifique.

Toutefois, je désire, conformément aux règlements antérieurs, et me rapportant aux termes de ma circulaire du 30 mars 1878, que les articles écrits par les officiers ou employés de l'armée me soient soumis par eux avant leur publication.

Recevez, monsieur, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Pour le Ministre de la guerre et par ordre :

Le général sous-chef de l'État-major général,

COOLS.

DE L'ARC VOLTAÏQUE

ET DE SES DIFFÉRENTES FORMES

L'arc voltaïque qui constitue la lumière électrique n'est à proprement parler qu'un effet d'incandescence, et c'est ce qui le distingue de l'étincelle électrique proprement dite. Toutefois ces deux manifestations électriques peuvent exister simultanément et donner lieu à des effets lumineux distincts, comme nous le verrons dans la suite de cet article; quelquefois même, l'une d'elles sert d'excitateur à l'autre, mais leurs conditions d'existence dépendent essentiellement de la composition du milieu à travers lequel s'effectue la décharge électrique et du générateur employé. Disons d'abord pourquoi on a donné le nom d'*arc voltaïque* à la décharge lumineuse déterminée par une pile voltaïque.

Si l'on excite une étincelle électrique entre deux pointes métalliques en rapport avec les conducteurs d'une machine électrique, et que l'on place dans le voisinage la flamme d'une lampe à alcool ou d'une bougie, on voit immédiatement l'étincelle se recourber pour passer à travers la flamme, qui est meilleure conductrice que l'air, et l'étincelle prend alors la forme d'un arc. Avec la pile voltaïque ordinaire, la tension électrique n'est pas assez grande pour pouvoir fournir une étincelle entre deux conducteurs séparés l'un et l'autre, fût-ce même d'une distance très-petite; mais si, après

avoir rapproché les conducteurs de manière à les faire rougir au point de contact par le courant on vient à les éloigner, la couche d'air qui entourait ce point de contact, et qui s'est échauffée à une très-haute température, peut dès lors devenir conductrice de la décharge. Les conducteurs peuvent rester dans ce cas éloignés, et la décharge se continue à travers l'air échauffé, qui se trouve porté à l'incandescence, ainsi que les pointes des conducteurs qui servent d'excitateurs. Si ces conducteurs sont placés horizontalement, comme cela avait lieu dans les premières expériences de Davy, la couche d'air traversée par le courant, en tendant à s'élever, donne à la gaine lumineuse traversée par la décharge une forme recourbée comme dans l'expérience citée précédemment, et de là le nom d'*arc voltaïque* donné à cette décharge lumineuse.

Nous disions qu'avec les piles ordinaires l'arc voltaïque ne pouvait se produire quand les conducteurs servant d'excitateurs étaient séparés par une couche d'air, quelque mince qu'elle pût être; cependant, quand une pile a une très-grande tension, et que l'on a pris dans sa construction des précautions d'isolation convenable, on peut arriver à obtenir une étincelle à travers une solution de continuité dans le circuit. M. Gassiot, avec une pile de 3000 éléments à eau isolés sur des pieds de verre, a pu obtenir des étincelles d'un quart de millimètre de longueur; M. Warren de la Rue, avec sa grande pile à chlorure d'argent, en a obtenu de beaucoup plus longues; et enfin M. Planté, avec ses batteries secondaires, a pu en obtenir d'assez considérables pour reproduire les plus intéressants phénomènes de l'électricité statique. En adaptant même à ces batteries une machine à condensateur à laquelle il a donné le nom de machine rhéostatique, il a pu parvenir à produire des étincelles de quatre centimètres de longueur.

Comme on le voit, l'électricité de la pile et l'électricité des machines ne diffèrent que par la tension et par la quantité d'électricité mise en circulation dans le circuit de la décharge; mais les effets lumineux sont bien différents, et l'expérience a montré que pour obtenir une vive lumière, c'est plutôt la quantité d'électricité que la tension qui était à rechercher dans le générateur appelé à produire cette lumière. C'est pourquoi les machines d'induction qui peuvent déterminer des étincelles si longues et si puissantes comme action mécanique ont dû être combinées pour leur application à l'éclairage électrique de manière à transformer en quantité leur excédant de tension, et pour obtenir ce résultat on a dû employer pour le circuit induit du fil gros et court.

Cette nécessité, pour la lumière électrique, d'un courant intense sous le rapport de la quantité d'électricité mise en circulation, tient à ce que cette lumière est en rapport avec la quantité de chaleur produite, et que cette chaleur est proportionnelle, d'après la loi de Joule, au carré de l'intensité du courant.

La lumière produite par une décharge électrique dans un milieu aériforme résulte à la fois de l'incandescence de la partie de ce milieu traversé par la décharge, c'est-à-dire de l'air, et de l'incandescence des conducteurs qui servent d'excitateurs à cette décharge. Son éclat dépend en conséquence non-seulement de l'intensité du courant élec-

trique, mais encore de la nature de ses conducteurs et de celle des milieux traversés par la décharge.

Plus ces conducteurs sont susceptibles de se désagréger et de brûler facilement, plus ils deviennent incandescents, et plus l'arc voltaïque devient éblouissant en raison des particules matérielles qui se trouvent entraînées par le courant et qui, étant chauffées au rouge blanc, illuminent l'arc lui-même. C'est pourquoi, les excitateurs en charbon, donnent les effets les plus considérables. Toutefois, dans la lumière électrique telle qu'on la produit généralement, l'éclat de l'arc est très-peu de chose relativement à celui qui résulte de l'incandescence des excitateurs, comme on peut s'en assurer quand on projette cette lumière sur un écran. La figure que nous avons donnée, page 13, dans le numéro du 15 avril, montre, en effet, qu'il n'y a de brillant que les charbons.

L'influence de la nature du milieu gazeux est surtout remarquable pour la lumière produite par l'étincelle d'induction; on doit se rappeler les expériences intéressantes de M. Morren, qui était parvenu à rendre les tubes de Geissler très-lumineux en combinant d'une certaine manière le gaz sur lequel le vide avait été fait dans ces tubes. On ne s'est pas assez préoccupé jusqu'ici pour la lumière électrique ordinaire de cette influence, et il est possible qu'on y trouve une ressource inattendue. Dans tous les cas, la composition du milieu aériforme à travers lequel se produit la lumière électrique pourra donner le moyen d'en faire varier à volonté la couleur.

Jusqu'ici la plupart de ceux qui ont parlé de la lumière électrique n'ont pris en considération que l'arc voltaïque résultant d'un courant de quantité. Mais l'arc déterminé par les courants de haute tension est encore plus curieux à étudier, et cette étude pourra peut-être même donner quelques indications utiles pour le perfectionnement des excitateurs de lumière.

Je me suis occupé avec beaucoup de soin, dès l'année 1855, de cette étude, et j'ai été conduit à des résultats fort curieux qui ont fait l'objet d'une brochure que j'ai publiée sous le titre de : *Recherches sur la non homogénéité de l'étincelle d'induction*, recherches qui ont été, du reste, résumées dans la cinquième édition de ma *Notice sur l'appareil de Ruhmkorff*, et voici les principales conclusions auxquelles j'étais parvenu.

1^o L'arc électrique déterminé entre deux conducteurs métalliques sous l'influence d'une bobine de Ruhmkorff de moyenne tension est constitué par deux flux électriques essentiellement différents l'un de l'autre, et que l'on peut séparer soit par l'insufflation, soit par l'action magnétique, soit par un système de dérivation à travers un conducteur liquide.

2^o L'un de ces flux est représenté par un trait de feu d'une blancheur très-grande qui ressemble à l'étincelle des machines à plateau de verre et qui jouit de toutes les propriétés de l'électricité de tension. Il perce le verre, produit des répulsions violentes entre les particules matérielles qu'il rencontre sur son chemin, et provoque des commotions physiologiques énergiques; c'est un véritable flux de tension. Le second flux, au contraire, est un flux de quantité qui enveloppe le premier et qui est constitué par un courant conduit à la manière d'un courant voltaïque par le milieu

gazeux qui entoure le premier
de sorte qu'il y a un légerement lumineu
ment d'auréole. Ce flux jo
courants voltaïques et déte
trique sorte la repré
avons étudié cette
Quand on étudie cette
produisant entre deux la
que nous représentons fi

sensation et
flux de tensi
forme d'un c
tation négati
avec la natu
beau vert é
bleu avec le
l'éclair, et
points colo
différentes
Le flux é
espèce de
une certa
autour de
négatif se
légèrem
les contou
positif est
brillante
Les fi
séparer
versales
tension
est pro

gazeux qui entoure le premier flux et qui forme une sorte de gaine légèrement lumineuse qui a été désignée sous le nom d'*auréole*. Ce flux jouit de toutes les propriétés des courants voltaïques et détermine des actions électro-magnétiques, électro-chimiques et électro-calorifiques; c'est en quelque sorte la représentation de l'arc voltaïque tel que nous l'avons étudié précédemment.

Quand on étudie cette étincelle au microscope et en la produisant entre deux lames de verre, on la voit sous l'aspect que nous représentons figure 1, et qui est du reste la repré-



Fig. 1.

sentation en miniature de ce qu'elle est dans le vide. Le flux de tension s'échange d'un excitateur à l'autre, sous la forme d'un ou de deux traits blancs dont l'origine sur l'excitateur négatif présente des colorations très-vives en rapport avec la nature du métal employé. Cette coloration est d'un beau vert émeraude avec l'argent et le cadmium, d'un beau bleu avec le zinc et le bismuth, jaune avec l'or, le plomb et l'étain, et rouge feu avec le platine et le fer. Ce sont ces points colorés qui donnent à l'étincelle entière les couleurs différentes qu'elle présente suivant les métaux des électrodes. Le flux de quantité où l'auréole est représentée par une espèce de cloche lumineuse légèrement violâtre qui s'arrête à une certaine distance de l'excitateur négatif en formant autour de lui comme un cercle obscur. Sur l'excitateur négatif se trouve répandue une sorte de flaque lumineuse légèrement bleuâtre qui s'étend extérieurement en suivant les contours de l'excitateur. Enfin l'extrémité du rhéophore positif est terminée par une sorte de lèvres lumineuse très-brillante d'où s'échappent les deux flux de l'étincelle.

Les figures 2 et 3 représentent la manière dont on peut séparer ces deux flux électriques. Quand on souffle transversalement comme dans la figure 3, le trait de feu de tension n'est pas impressionné par le souffle, mais l'auréole est projetée sous forme d'une nappe de feu violette à contours

irréguliers et sillonnés par une quantité de filets lumineux en zigzags. Quand on souffle longitudinalement comme dans la figure 2, et que le conducteur négatif est bifurqué,

Fig. 2.

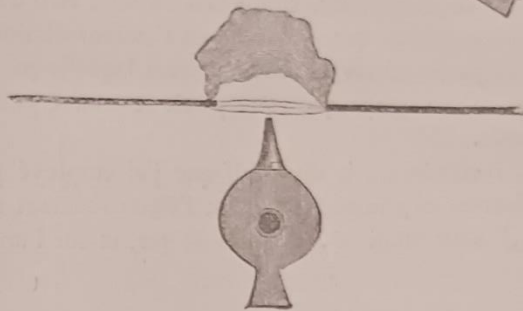
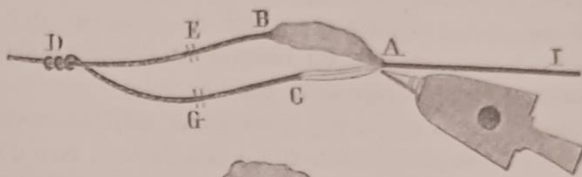


Fig. 3.

on peut, pour une distance convenable entre A et C, faire en sorte de projeter l'auréole en B sur le second conducteur. Si alors on place en G et en E des appareils d'expérimentation, on reconnaît les propriétés énumérées plus haut.

La séparation des deux flux de l'étincelle par l'action magnétique peut se produire dans différentes conditions, suivant la manière dont le courant de décharge se présente par rapport au courant magnétique. Si la décharge est faite dans le sens équatorial, comme l'indique la figure 4, l'auréole est projetée sous forme d'une nappe hémicirculaire, qui s'étend en dessus et en dessous des pôles de l'électro-aimant suivant le sens du courant à travers celui-ci. Si, au

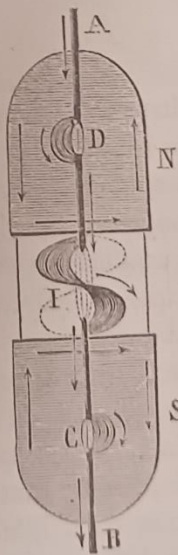


Fig. 5.

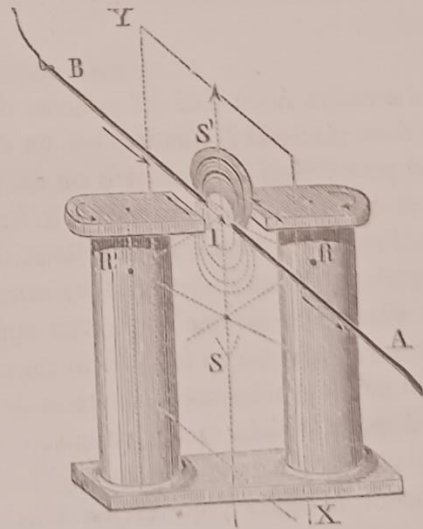


Fig. 4.

contraire, la décharge est faite dans le sens axial, comme l'indique la figure 5, l'auréole se recourbe en forme d'hélice dont le sens varie suivant celui du courant à travers l'élec-

tro-aimant. Dans les deux cas, le flux de tension reste immobile. Ces effets s'expliquent facilement du moment où on considère que le conducteur aériforme constitué par l'auréole est susceptible de se déplacer et de se prêter à toutes les réactions extérieures qui peuvent impressionner le courant. La théorie d'Ampère indique suffisamment le sens de ces réactions et, par conséquent, celui des courbes que doit prendre, suivant le sens du courant de l'électro-aimant, le conducteur flexible représenté par l'auréole.

Dans tous ces effets, il y a un grand affaiblissement de l'intensité du courant induit, ce qui n'a du reste rien d'étonnant, si l'on considère que l'auréole en s'étalant diminue la section de la partie du conducteur à travers laquelle passe la décharge en même temps que cette partie se trouve grandement allongée.

La figure 6 représente le dispositif que j'ai employé pour faire ces diverses expériences. MM est l'électro-aimant dont les pôles A, B sont munis de semelles de fer, et sur l'une de

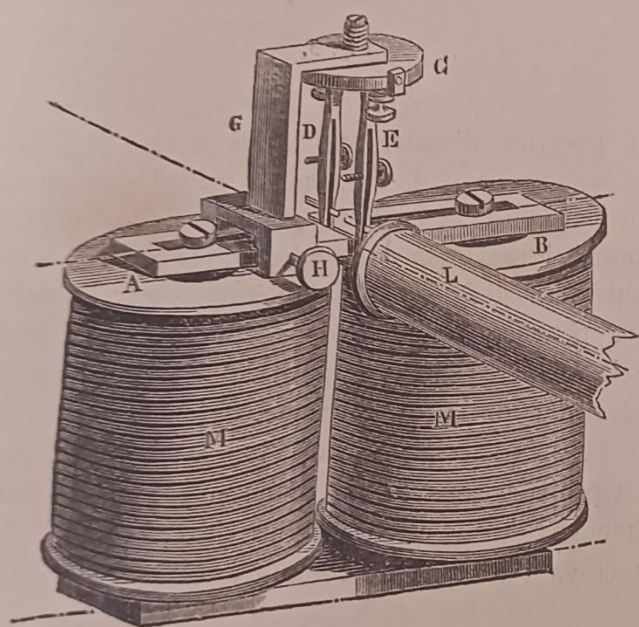


Fig. 6.

ces semelles A est fixé un système d'excitateur G, composé de deux pinces D E montées sur un disque isolant C, et que l'on peut diriger dans un sens ou dans un autre en tournant le disque C. Cet excitateur est fixé au moyen d'une vis H que l'on serre contre la semelle A. Les conducteurs entre lesquels la décharge est produite sont adaptés à l'extrémité des pinces DE, comme on le voit sur la figure, et peuvent être aussi variés qu'on le veut. Si ces conducteurs sont constitués par des morceaux de charbon de braise, le trait de feu est à peine visible; mais en revanche l'auréole est très-développée et, lorsque l'aimant agit, elle se présente sous la forme de la figure 7 qui est du plus curieux effet. Elle se trouve en effet constituée non-seulement par la nappe lumineuse hémicirculaire dont il a été déjà question et qui est sillonnée de stratifications, mais encore par deux enveloppes circulaires également stratifiées qui entourent les extrémités des deux charbons, et au milieu de cette nappe, qui représente assez une coquille, se trouve projetée une série de filets d'éti-

celles rouges qui forment comme les nervures de la coquille. Ces nervures sont constituées par des particules de charbon enlevées aux électrodes et portées à l'incandescence. Avec le charbon de cornue, les effets sont moins accidentés, et l'on en voit la représentation figure 8.

Ce sont des réactions de ce genre qui ont été mises à contribution dans les bougies Jamin, dont il a été question dans notre numéro du 15 avril.

Si l'on étudie le phénomène au point de vue de la succession des effets produits, et cela au moyen d'un miroir tournant, on reconnaît que c'est le trait de feu du flux de tension qui le détermine. Ce trait de feu commence en effet par s'échanger entre les deux excitateurs, et sous son action la couche d'air qui se trouve traversée devient apte à conduire la décharge à la manière d'un conducteur continu, et c'est quand cette décharge traverse cette couche d'air que l'auréole est constituée.

L'un ou l'autre des deux flux peut être augmenté ou diminué suivant les conditions de l'expérience. Ainsi, l'on peut développer l'auréole lumineuse aux dépens du flux de



Fig. 7.



Fig. 8.

tension, en interposant dans la solution de continuité la flamme d'une lampe à alcool ou d'une bougie. L'auréole prend alors la forme d'un globe lumineux de couleur blanche, et les traits de feu sont à peine visibles et de couleur bleuâtre; c'est pour cette raison que le flux de tension se voit à peine avec des excitateurs de charbon.

La raréfaction du milieu traversé par la décharge est encore un moyen de développer l'auréole aux dépens du trait de feu, et, en effet, dans le vide, ces traits de feu disparaissent complètement. En revanche, on peut développer le flux de tension en condensant la décharge ou en augmentant la tension du courant par la diminution de grosseur du fil induit. D'un autre côté, si l'on recourbe un conducteur et qu'on taille en pointe effilée son extrémité recourbée, on peut obtenir la séparation des deux flux en provoquant la décharge au-dessus d'une surface liquide; l'auréole s'écoule par la partie arrondie du conducteur, qui est la plus rapprochée du liquide, et le flux de tension s'échappe par la pointe.

Une chose très-curieuse à signaler et que l'analyse spectrale a démontrée, c'est que les différentes lumières fournies

par l'étincelle d'induction ont des caractères très-différents. Ainsi, la lumière du trait de feu ou flux de tension présente des raies en rapport avec les métaux des électrodes, tandis que la lumière de l'auréole et celle de l'électrode négative fournit des raies qui semblent être en rapport avec le milieu gazeux à travers lequel passe l'étincelle. L'étude de ces lumières se fait avec le spectroscope disposé comme on le voit en L. fig. 6. En braquant la lunette du spectroscope sur l'auréole lumineuse projetée par l'aimant et en la visant sur la tranche, on peut obtenir assez de lumière pour analyser les raies. Alors on place entre les pinces D et E des tubes à excitateurs remplis de gaz différents.

Les effets qui réagissent sur l'auréole de l'étincelle d'induction exercent une action analogue sur l'arc voltaïque produit par une pile. Ainsi un fort électro-aimant peut projeter cet arc sous forme d'un dard et même couper le courant si la force magnétique est suffisante, comme l'a démontré pour la première fois Davy. Une action calorifique énergique développe également l'arc voltaïque et même le fait naître sans réunion préalable des conducteurs, par l'accroissement de conductibilité qui est alors communiqué aux milieux gazeux interposés; c'est ce qui fait que dans les arcs voltaïques résultant de courants fréquemment interrompus, la lumière paraît persistante, et elle l'est en effet quand l'interruption du courant a une durée ne dépassant pas $1/25$ de seconde; car l'échauffement produit pendant le passage du courant n'a pas eu alors le temps de disparaître. D'un autre côté, la présence dans les charbons de matières volatilisables et susceptibles de fournir à l'électrode négative un dépôt métallique combustible, tel que le magnésium, le calcium, etc., augmente considérablement le développement et l'éclat de l'arc voltaïque. Malheureusement la lumière qui est alors fournie est vacillante et peu constante, ce qui a fait renoncer à l'emploi de ces moyens pour augmenter l'éclat de la source lumineuse.

La résistance de l'arc voltaïque est assez variable et dépend beaucoup des conditions de résistance du générateur. Avec les machines dynamo-électriques de faible résistance, telles que celles de M. Siemens, la résistance de l'arc varie de 1 à 3 ohms, c'est-à-dire de 100 à 300 mètres de fil télégraphique; mais avec les piles elle atteint généralement de 25 à 30 ohms et même beaucoup plus, s'il faut en croire MM. Ayrton et Perry.

Dans un autre article, nous parlerons des différences du pouvoir lumineux de l'arc voltaïque suivant la disposition des charbons et leur polarité. Nous dirons seulement ici que, quand les charbons sont disposés de manière que le charbon positif forme réflecteur, la lumière émise, que l'on appelle *condensée*, peut être supérieure à celle produite par des charbons taillés en pointe dans le rapport de 1,66 à 1.

Pour terminer avec le sujet qui nous occupe en ce moment, nous allons entrer dans quelques détails sur une sorte d'effluve lumineuse que j'ai le premier fait connaître et qui a été appliquée d'une manière très-heureuse dans beaucoup de recherches scientifiques.

Si l'on place à environ 2 millimètres de distance l'une de l'autre deux lames de verre garnies extérieurement de lames métalliques, du papier d'étain, je suppose, et que l'on fasse

communiquer ces plaques aux deux pôles d'une bobine de Ruhmkorff, il se produit un effet de condensation qui donne lieu à une transmission électrique à travers les verres et le milieu interposé, laquelle détermine à travers le milieu gazeux une effluve lumineuse ressemblant à une pluie de feu légèrement bleuâtre. Dans ces conditions, la transmission électrique s'effectue d'une manière analogue à celle qui produit les effets électro-statiques dans les câbles sous-marins. Une partie de la décharge condensée se trouve transmise de proche en proche à travers les molécules des diélectriques, par une action analogue à l'action électrolytique, et dès lors chaque molécule peut fournir une décharge séparée qui donne lieu à un de ces filets lumineux qui constituent la pluie de feu dont nous venons de parler. Pour que l'expérience

Fig. 9.

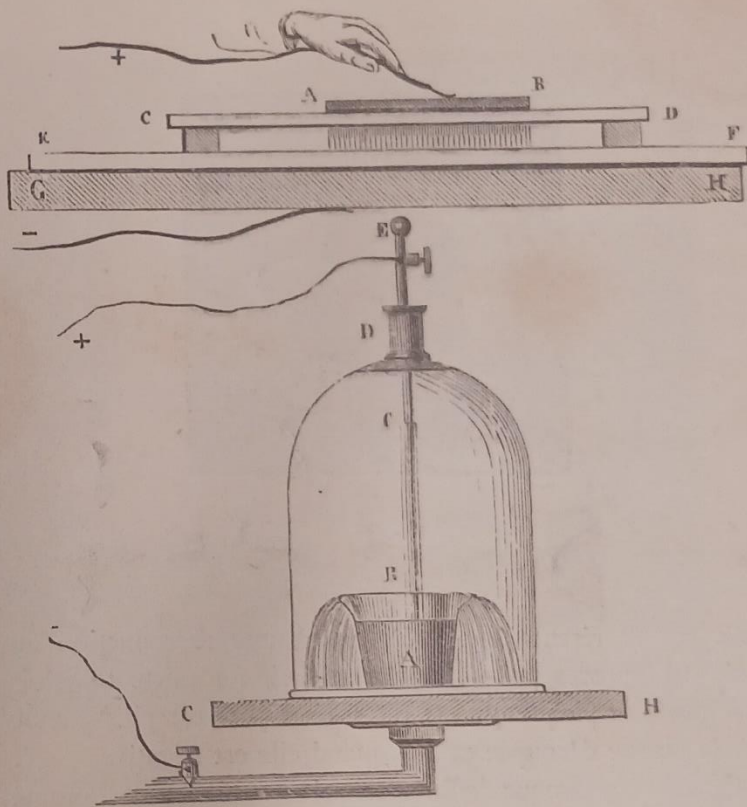


Fig. 10

réussisse, il faut que les surfaces de verre soient sèches afin que les décharges partielles ne se réunissent pas latéralement ou ne se déplacent pas à la surface du diélectrique. On comprend que, par ce moyen, il devient facile d'électriser statiquement sur telle surface qu'on le désire un corps gazeux introduit entre les deux verres, et l'on a ainsi pour les études chimiques un moyen d'analyse d'autant plus précieux que les deux surfaces entre lesquelles l'effluve électrique se produit ne sont pas altérables. C'est grâce à ce moyen que MM. Jean, Houzeau, Arnould-Thénard, Boillot, Siemens, Berthelot et autres sont arrivés à décomposer et à recomposer certains gaz que nul autre système n'aurait permis de dédoubler ou de synthétiser. M. Grove est aussi parvenu par ce système à reproduire instantanément sur verre des images de Moser. A cet

effet, il place entre les deux lames de verre le dessin qu'il s'agit de reproduire, et après avoir serré les deux lames sur le papier, il fait passer l'effluve électrique à travers le système. Au bout de quelques minutes, il disjoint les deux lames et trouve, sur la lame de verre appliquée sur le dessin, la reproduction de celui-ci, qui n'apparaît toutefois que sous l'influence de la buée produite sur le verre par la respiration. Pour la rendre stable, il expose le verre ainsi impressionné à des vapeurs d'acide fluorhydrique, et alors le dessin se détache comme ceux que l'on voit sur les verres dépolis. Nous représentons, figure 9, la disposition de l'expérience telle que je l'ai combinée dans l'origine, et l'on voit, figure 11, l'effet lumineux qui est produit autour des lames métalliques appliquées sur le verre. Cet effet lumineux consiste dans une radiation d'un aspect bleuâtre qui, si la lame métallique est découpée de manière à représenter une silhouette, fait ressortir en noir cette silhouette. M. Robin a appliqué cet effet



Fig. 11.

dans ses représentations théâtrales à une reproduction en petit des aurores polaires. Cette radiation n'existe toutefois que quand la plaque qui est du côté opposé est plus grande que la plaque découpée et que quand elle est négative.

Quand on provoque l'effluve électrique dans le vide, comme on le voit figure 10, la pluie de feu est beaucoup plus développée, et elle peut former comme une espèce de cascade sortant des bords d'un verre A, si on a eu soin de disposer au fond de celui-ci une surface métallique mise en rapport avec le conducteur positif CB qui plonge dans le verre. On a fait des tubes de Geissler fondés sur ce principe, qui sont très-intéressants et qui reproduisent d'une manière brillante l'expérience primitive de Nollet.

On voit que les effets lumineux produits par les actions électriques sont très-diversifiés, et leur étude complète a été l'objet d'un volume entier que j'ai publié sous le titre de : *Notice sur l'appareil d'induction de Ruhmkorff*, qui est aujourd'hui à sa 6^e édition.

TH. DU MONCEL.

TRANSPORT ÉLECTRIQUE

DU TRAVAIL MÉCANIQUE A DISTANCE

APPLICATIONS AU LABOURAGE, ETC., ETC.

SYSTÈME CHRÉTIEN ET FÉLIX

Le jour de l'Ascension, nous avons, en très-bonne compagnie scientifique, consacré nos loisirs fériés à entreprendre le petit voyage de Sermaize (Marne). Il s'agissait d'assister à des expériences de labour par l'électricité. Nous avons remarqué la présence de M. Tresca, membre de l'Institut et de la Société nationale d'agriculture, sous-directeur du Conservatoire des arts et métiers. La rencontre de M. Tresca est toujours de bon augure; il inspire aux inventeurs peu sérieux une considération mêlée d'une terreur justifiée par la raison qu'en mécanique cet éminent ingénieur connaît tout, mesure tout avec la compétence et la précision que l'on sait, sans qu'il soit possible de lui donner le change sur aucun point. Nous avons vu : M. Dureteste, inspecteur général des ponts et chaussées; M. Cabanellas; M. Begbeyder, ingénieur des mines; M. Galichet, ancien député, agriculteur; M. de Felcourt, président du Comice agricole de Vitry-le-Français, délégué de la Société des agriculteurs de France; M. Napoli, ingénieur chimiste et inspecteur au chemin de fer de l'Est, collaborateur de M. Marcel Deprez dans la construction des enregistreurs électriques de ce géomètre appliqués au wagon d'expériences dont M. l'ingénieur en chef Regray a doté la compagnie de l'Est; M. Richard, ingénieur des mines; M. Dumont, ingénieur; M. Hersent, entrepreneur des travaux publics; M. Tassin, etc. Le journal *la Lumière électrique*, le journal de l'*Agriculture*, le journal des *Travaux publics*, s'étaient fait représenter. Enfin, un grand nombre d'agriculteurs et de propriétaires de la région assistaient aux expériences. Quelques jours avant, M. Duphémieux, préfet de la Marne, et M. le général Clinchant, commandant en chef du 6^e corps d'armée, étaient venus examiner avec intérêt les applications électriques de Sermaize.

MM. Chrétien et Félix, ingénieurs très-avantageusement connus dans le monde industriel, ont, sans doute, comme cela est arrivé à bien des gens pratiques, arrêté leur pensée sur les conditions toutes spéciales qui caractérisent notre industrie du sucre : à une activité fiévreuse de quelques mois, succède, dans l'usine, une inaction absolue de tout le reste de l'année : il en résulte, qu'une puissance motrice toujours considérable, représentant un capital d'une grande valeur, se trouve immobilisée pendant tout ce temps, ce qui ne dispense pas d'un entretien minutieux et ce qui, à coup sûr, s'écarte beaucoup d'une bonne utilisation industrielle.

Il était donc d'autant plus logique de tenter la mise en culture du domaine par la force motrice de l'usine, qu'il est reconnu aujourd'hui, par la pratique de l'Angleterre, des États-Unis etc., même de l'Algérie, que la culture mécanique, partout où elle est possible, est économique, et augmente les récoltes dans la proportion d'au moins 30 p. 100.

les courbes produites par les vibrations téléphoniques.

De toutes les maisons qui fabriquent des téléphones, celle d'Anders Elliott et Chatham Strode se recommande le plus pour la vulgarisation des instruments dans les maisons particulières. Sa spécialité est le magnéto-téléphone, dont les proportions mignonnes, l'élégance, le fini et le bon marché sont les mérites caractéristiques.

Le type A en est un exemple : le téléphone y est du modèle Ader. L'appel se fait non pas au moyen d'une sonnette électrique, mais par une sonnette ordinaire; on s'y est inspiré du bouton téléphone. Tous les genres de téléphones se trouvent représentés et c'est justice que de dire qu'ils sont bien combinés pour pouvoir se faire apprécier et remplacer la sonnette électrique, qui ne fait que du bruit sans transmettre les communications ou les ordres.

Ce que j'admire dans l'*Homacoustic*, qui s'est fait faire une élégante installation au milieu des inventions électriques de toute sorte et non loin des postes téléphoniques, ce n'est pas que cet instrument offre tous les avantages du téléphone sans en avoir les inconvénients; c'est le défaut de raison qu'il a d'être au milieu de cette exposition d'électricité, car l'*Homacoustic* n'a rien absolument de commun avec l'électricité.

E. ANDRÉOLI.

(A suivre).

LA DISPOSITION DES EXPÉRIENCES DE M. TESLA

Beaucoup d'expérimentateurs désirent actuellement reproduire et étudier les phénomènes des courants alternatifs de haute fréquence et de potentiel très élevé; ils ont tout intérêt à connaître exactement les conditions particulières et nouvelles dans lesquelles se sont placés les premiers observateurs, et nous croyons utile de résumer à leur intention les détails qui semblent résulter le plus nettement du compte rendu anglais de la conférence de M. Tesla devant la Société Royale de Londres.

Des deux méthodes ⁽¹⁾ qui conduisent actuel-

lement à l'obtention des courants alternatifs de grande fréquence et de haut potentiel, celle fondée sur l'emploi de la décharge disruptive d'un condensateur est à la portée des ressources de la plupart des laboratoires de physique, et

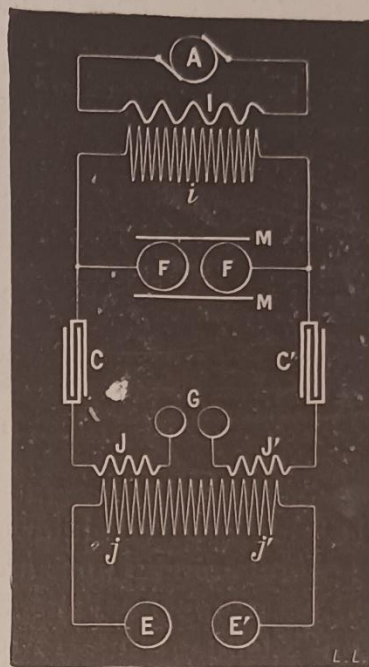


Fig. 1

c'est heureusement au sujet de celle-ci que M. Tesla — comme M. Elihu Thomson ⁽¹⁾ — s'exprime avec le plus de précision.

Le dispositif représenté par le diagramme

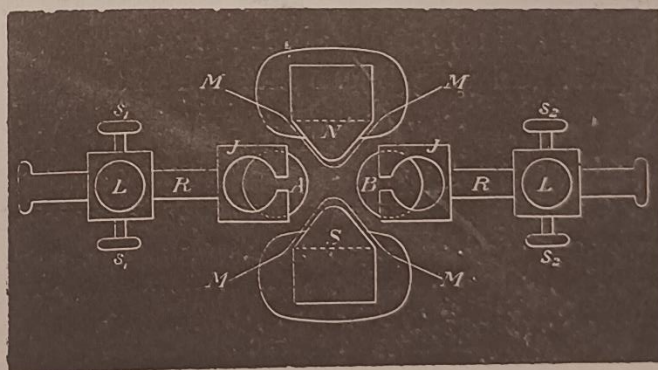


Fig. 2

(fig. 1) publié précédemment est celui qui convient le mieux pour imiter la décharge de la machine de Holtz. Entre les pôles secondaires de la bobine d'induction ordinaire Ii qui charge les condensateurs CC' , on établit une longue décharge disruptive, interrompue périodiquement

⁽¹⁾ *La Lumière Electrique*, t. XLIII, p. 540 et 583.

⁽¹⁾ *La Lumière Electrique*, t. XLIII, p. 401.

par le courant d'air qu'elle produit; afin d'augmenter l'effet du courant d'air, on place de part et d'autre des boules F de l'excitateur de grandes feuilles de mica M M. La décharge des condensateurs CC' passe dans le circuit primaire de la bobine d'induction spéciale JJ' et il y a sur son parcours un petit espace d'air G qui est néces-

saire pour produire une brusque variation du courant.

A est l'alternateur de construction usuelle qui alimente le circuit primaire I de la bobine ordinaire Ii, dont le circuit secondaire i actionne les condensateurs CC'. Les pôles du circuit secondaire i communiquent aux armures internes.

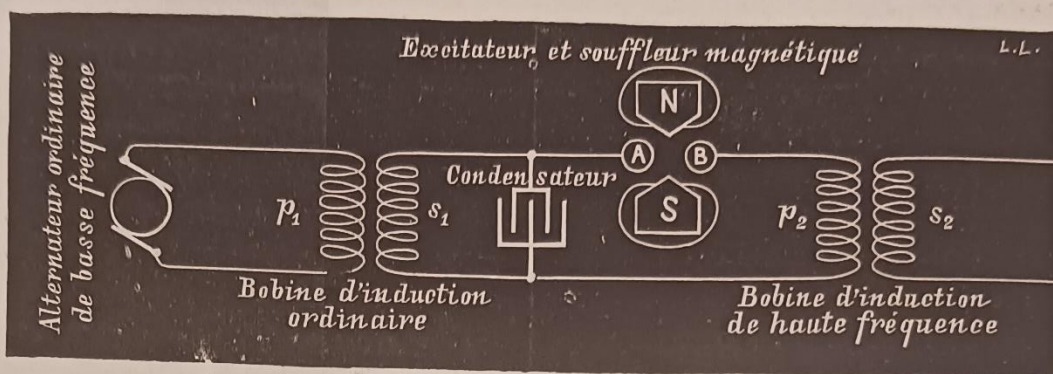


Fig. 3.

Les armures externes sont reliées au circuit primaire JJ' de la bobine spéciale interrompu en G.

Dans notre compte rendu, nous avons cru devoir nous borner à appeler l'attention sur les excitateurs, en attendant que le conférencier donne à leur sujet une indication. La figure 2 montre précisément la modification principale de l'excitateur F du diagramme précédent, figure 1.

Quand la bobine d'induction ou le transfor-

A et B; ces pièces sont munies d'une feuille protectrice de mica M M, d'épaisseur suffisante pour empêcher la décharge d'atteindre l'électro-aimant.

La forme ordinaire des pôles de l'excitateur a été aussi modifiée de plusieurs manières; dans celle figurée, les boules A et B sont tenues dans des mâchoires de laiton avec des res-

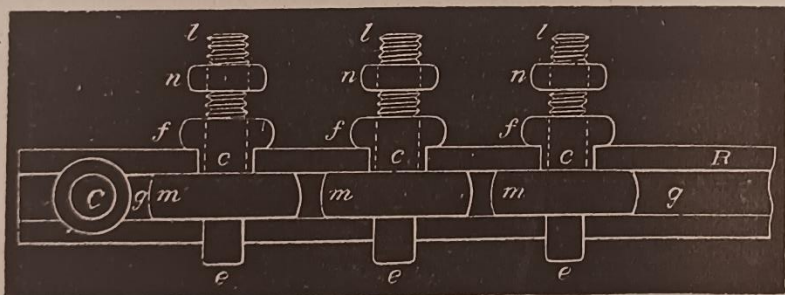


Fig. 4.

mateur qui charge le condensateur sont alimentés par un courant de basse fréquence, il y a avantage à disposer un champ magnétique intense à angle droit sur le parcours de la décharge de l'excitateur. Le champ magnétique intense sert à souffler l'arc entre les boules dès qu'il éclate, et les décharges principales se succèdent avec une plus grande rapidité. On produit le champ magnétique à l'aide d'un fort électro-aimant NS dont les pièces polaires sont mobiles et de forme convenable pour rendre le champ aussi fort que possible entre les boules

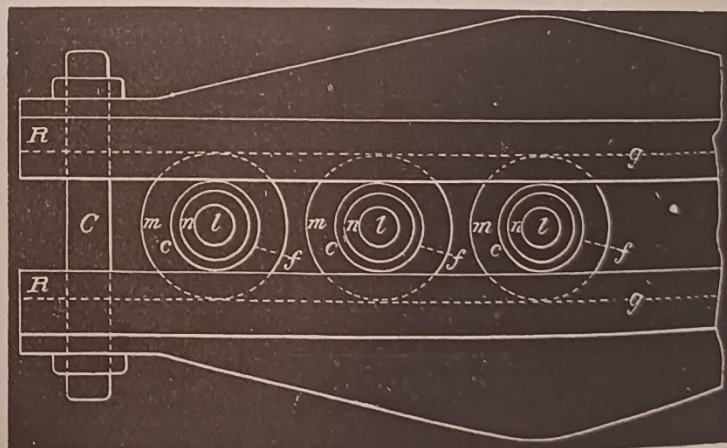


Fig. 5

sorts de pression qui permettent de les tourner successivement dans différents sens et évitent l'ennui de les polir fréquemment.

Au lieu et place de l'électro-aimant, on peut aussi employer un courant d'air chaud pour servir de souffleur; on supprime alors l'intervalle d'air interposé en G. Ce dispositif est analogue à celui indiqué depuis par M. Elihu Thomson.

La figure 3 est la représentation schématique

du mode de connexion à adopter de préférence quand on se sert d'un souffleur entre les pôles de l'excitateur.

M. Tesla préconise encore une autre forme d'excitateur (fig. 4 et 5), à intervalles d'air multiples g entre les parties sphériques m de pièces métalliques portées par des supports isolants f sur un bâti d'ébonite RR...

Mais voici (fig. 6) des détails de construction concernant la bobine d'induction spéciale actionnée par la décharge disruptive du condensateur qui est l'une des particularités les plus curieuses et les plus nouvelles des expériences de M. Tesla.

La bobine de haute fréquence — sans fer — est en ébonite et comprend deux parties symé-

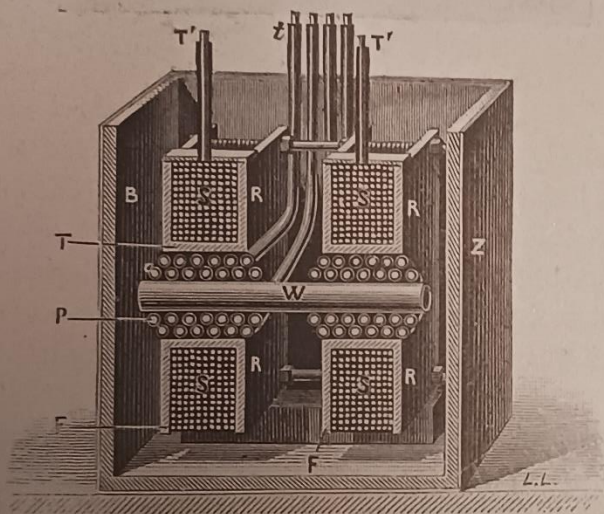


Fig. 6

triques RR maintenues à 10 centimètres de distance par des boulons et des écrous en ébonite également; chacune se compose d'un tube T d'environ 8 centimètres de diamètre intérieur et 3 millimètres d'épaisseur, sur lequel se vissent les joues FF, de 24 centimètres carrés, espacées l'une de l'autre d'environ 3 centimètres. Le fil secondaire S de chaque demi-bobine est du meilleur fil isolé à la gutta et fait 260 tours (26 couches de chacune 10 spires).

Les deux demi-bobines sont enroulées en sens opposé et reliées en série, leur liaison s'effectuant au voisinage du primaire. Cette disposition, outre sa commodité, a l'avantage, lorsque les effets à chaque pôle s'équivalent, de diminuer les chances de rupture de l'isolement entre le primaire et le secondaire. Dans les cas où cela se peut, on relie le point intermédiaire du circuit secondaire au fil primaire.

Le fil primaire P est enroulé par moitié et

en sens opposé sur une bobine de bois, et ses quatre extrémités sortent de la cuve où plonge la bobine, au travers de tubes d'ébonite tt .

Les extrémités du fil secondaire sortent pareillement de la cuve et de l'huile au travers des tubes épais d'ébonite $T'T'$.

Chaque moitié primaire de la bobine comprend quatre couches de 24 spires, soit 96 tours de fil isolé par une couverture de coton.

Quand les moitiés du primaire sont reliées en série, le rapport de transformation est d'environ 2,7, et quand elles sont associées en quantité, de 5,4.

La bobine plongée dans l'huile est soutenue par des supports en bois à une distance d'au moins 5 centimètres des parois de la cuve.

Les conditions d'enroulement diffèrent évidemment pour les bobines particulières que M. Tesla emploie avec l'autre méthode d'obtention des courants d'énorme potentiel et de grande fréquence dont la description a été donnée antérieurement. L'alternateur de haute fréquence actionne alors directement les bobines de grande fréquence, qui sont encore plongées dans l'huile de lin bouillie et sont plutôt faibles; elles contiennent de 5000 à 15 000 spires au circuit secondaire. Pour ces bobines, l'inventeur trouve avantage à renverser la situation ordinaire des fils et à mettre le circuit primaire à l'extérieur. Cela permet de donner plus de grosseur au fil primaire, réduit le danger d'échauffement et augmente la puissance de la bobine. L'enroulement primaire est toujours un peu plus court que l'enroulement secondaire, et dans certains cas il est mobile relativement à celui-ci.

Quand on se sert de hautes fréquences, il faut associer un condensateur au circuit primaire et de préférence le mettre en série sur le circuit de l'alternateur avec le fil primaire, en réglant sa capacité de façon à annuler leur self-induction.

En ce qui concerne la construction des appareils d'expérimentation, nous relèverons d'abord le dispositif particulier qui a été combiné avec une pompe de Sprengel construite spécialement pour faire dans les lampes et dans les tubes les vides extrêmes auxquels correspond l'état radiant de la matière (fig. 7).

Le robinet d'arrêt habituel de la pompe de Sprengel S est remplacé par un bouchon percé, ajusté dans le col du réservoir R; le mercure

descend au travers, par un trou p , jusqu'à l'orifice o , dont la dimension est en rapport avec la grandeur du tube de chute t , qui ferme le réservoir au lieu de lui être fixé comme d'ordinaire.

La pompe est reliée par un tube en U renversé l à un grand réservoir R_1 ; on prend un soin spécial dans l'ajustement des bouchons de communication p et p_1 , munis de coupes à mercure de grandeur inaccoutumée. Le tube en U est muni d'un robinet C et de deux communica-

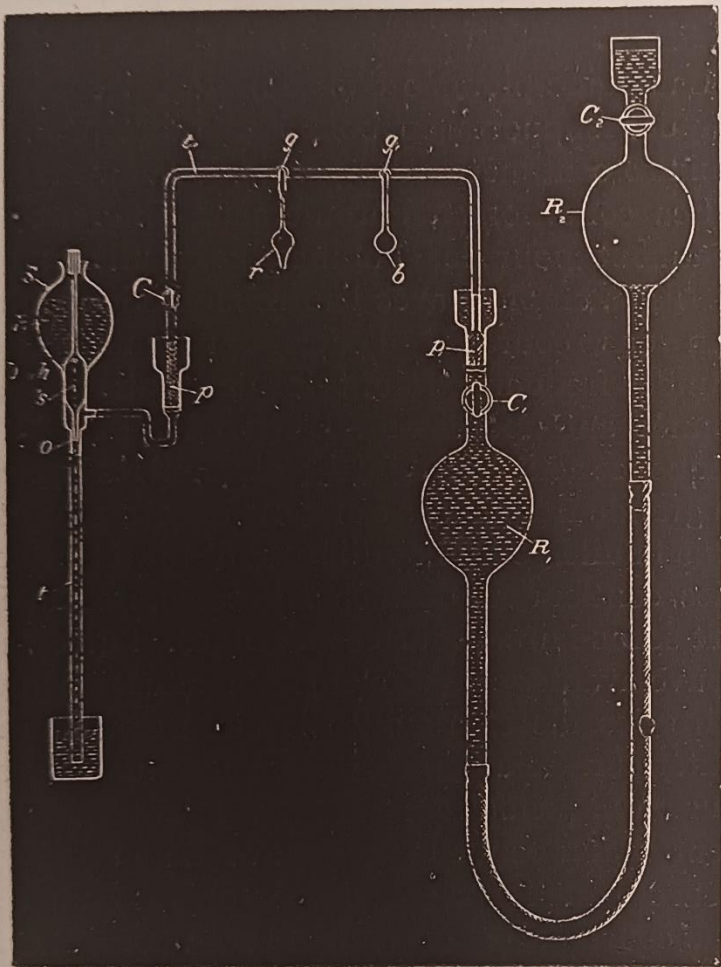


Fig. 7

tions latérales g et g_1 , l'une avec un petit ballon b contenant de la potasse caustique, l'autre avec l'ampoule à raréfier r .

Le réservoir R_1 (rempli de mercure, comme l'indique la figure) communique avec un autre R_2 , un peu plus grand encore, par un tube de caoutchouc, et tous deux sont munis de robinets C_1 et C_2 .

Un mécanisme élévatoire déplaçant à volonté le réservoir R_2 au dessus ou au dessous de R_1 permet de transposer le vide barométrique de R_1 en R_2 ou inversement. L'expulsion complète de toute trace d'air se fait en manœuvrant plusieurs fois le mécanisme et ouvrant chaque fois

le robinet du réservoir, qui occupe alors la situation inférieure.

Quand la pompe commence à faire le vide sur le tube à raréfier r et dans le tube l , le réservoir R_2 est d'abord soulevé au plus haut et le vide barométrique existe dans le robinet C_2 fermé; le réservoir R_1 inférieur est plein et le

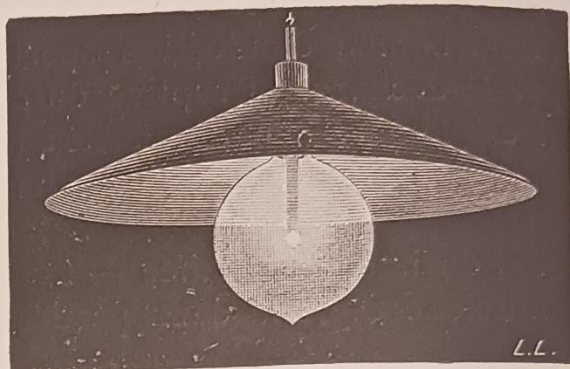


Fig. 8

robinet C_1 ouvert; au fur et à mesure que le vide se fait l'opérateur abaisse le réservoir R_2 de manière à laisser le niveau du mercure sensiblement constant au dessus de R_1 et tel que le représente le dessin. Quand le vide est aussi avancé que possible, quand la potasse caustique

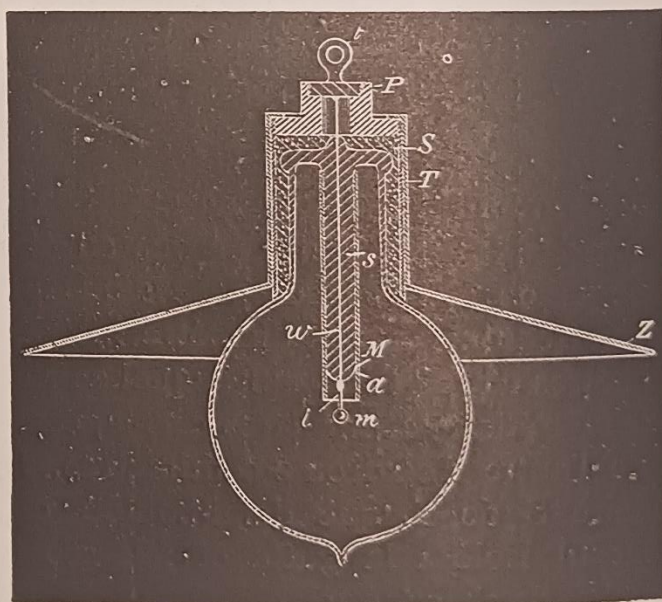


Fig. 9

a été chauffée et s'est refroidie, et quand la manœuvre de R_1 et de R_2 a été réitérée, on refroidit le ballon b avec de l'éther, le réservoir R_1 étant plein, puis on abaisse R_2 de façon à y faire passer rapidement le mercure; on scelle immédiatement après le tube raréfié r .

Pour ce qui est enfin des appareils d'éclairage

lement à l'obtention des courants alternatifs de grande fréquence et de haut potentiel, celle fondée sur l'emploi de la décharge disruptive d'un condensateur est à la portée des ressources de la plupart des laboratoires de physique, et

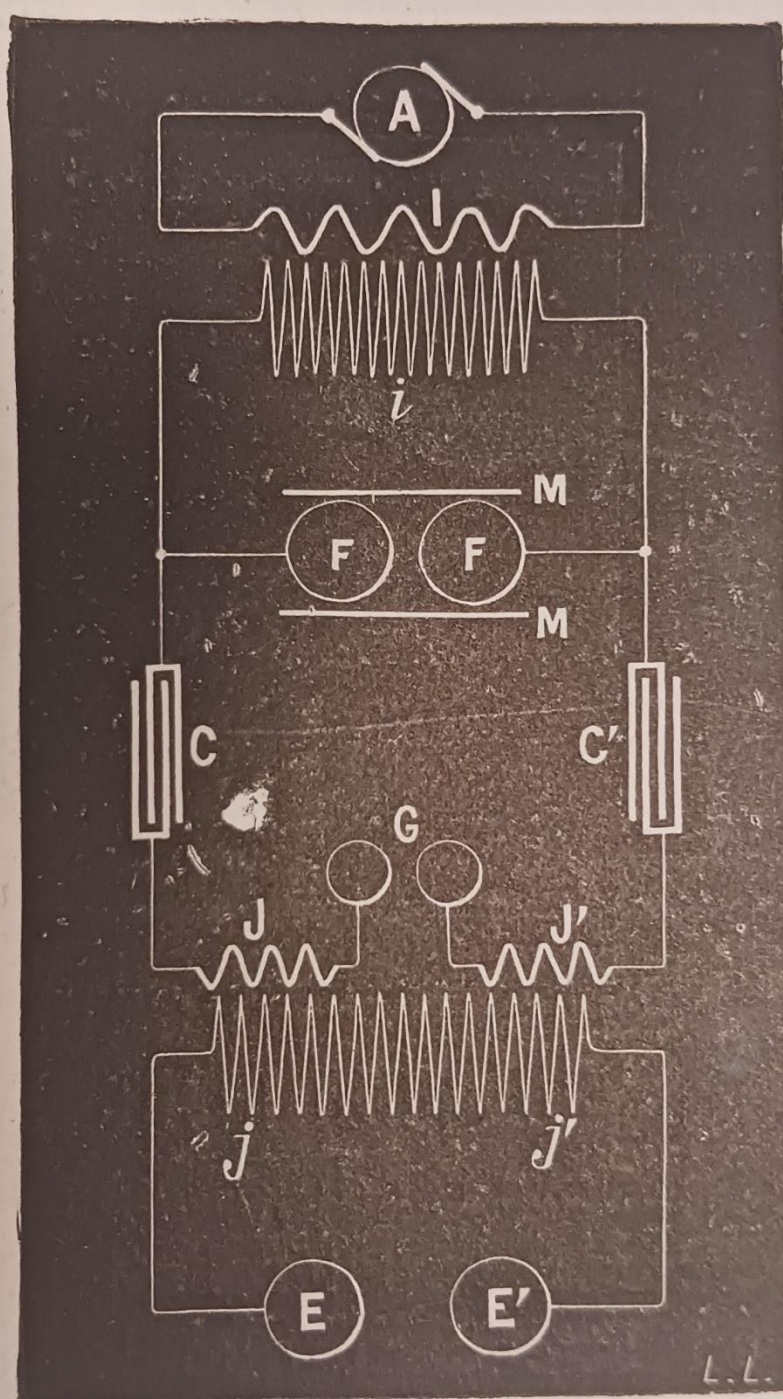


Fig. 1

c'est heureusement au sujet de celle-ci que M. Tesla — comme M. Elihu Thomson ⁽¹⁾ — s'exprime avec le plus de précision.

Le dispositif représenté par le diagramme

remplacer la sonnette électrique, que du bruit sans transmettre les sons ou les ordres.

Imire dans l'*Homacoustic*, qui s'est installée au milieu des électriques de toute sorte et non loin des téléphoniques, ce n'est pas que cet offre tous les avantages du télé- en avoir les inconvénients; c'est le son qu'il a d'être au milieu de cette électricité, car l'*Homacoustic* n'a rien de commun avec l'électricité.

E. ANDRÉOLI.

LA DISPOSITION EXPÉRIENCES DE M. TESLA

L'expérimentateurs désirent actuellement étudier les phénomènes des courants de haute fréquence et de puissance; ils ont tout intérêt à connaître les conditions particulières et nouvelles auxquelles se sont placés les premiers et nous croyons utile de résumer les détails qui semblent résulter de notre compte rendu anglais de l'expérience de M. Tesla devant la Société des Ingénieurs.

Méthodes ⁽¹⁾ qui conduisent actuel-

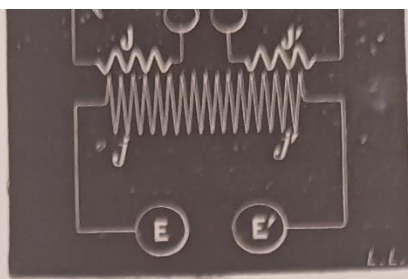


Fig. 1

c'est heureusement au sujet de celle-ci que M. Tesla — comme M. Elihu Thomson ⁽¹⁾ — s'exprime avec le plus de précision.

Le dispositif représenté par le diagramme

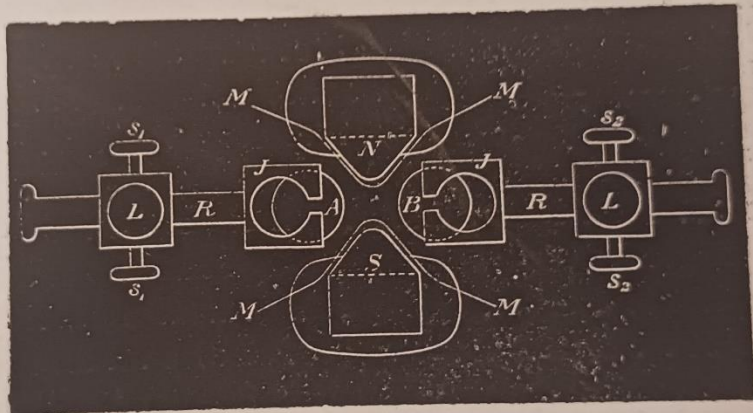


Fig. 2

(fig. 1) publié précédemment est celui qui convient le mieux pour imiter la décharge de la machine de Holtz. Entre les pôles secondaires de la bobine d'induction ordinaire I_i qui charge les condensateurs CC' , on établit une longue décharge discontinue, interrompue périodiquement

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

par le courant d'air qu'elle produit; afin d'augmenter l'effet du courant d'air, on place de part et d'autre des boules F de l'excitateur de grandes feuilles de mica MM . La décharge des condensateurs CC' passe dans le circuit primaire de la bobine d'induction spéciale JJ' et il y a sur son parcours un petit espace d'air G qui est néces-

saire pour produire une brusque variation de courant.

A est l'alternateur de construction usuelle qui alimente le circuit primaire I de la bobine ordinaire I_i , dont le circuit secondaire i actionne les condensateurs CC' . Les pôles du circuit secondaire i communiquent aux armures inter-

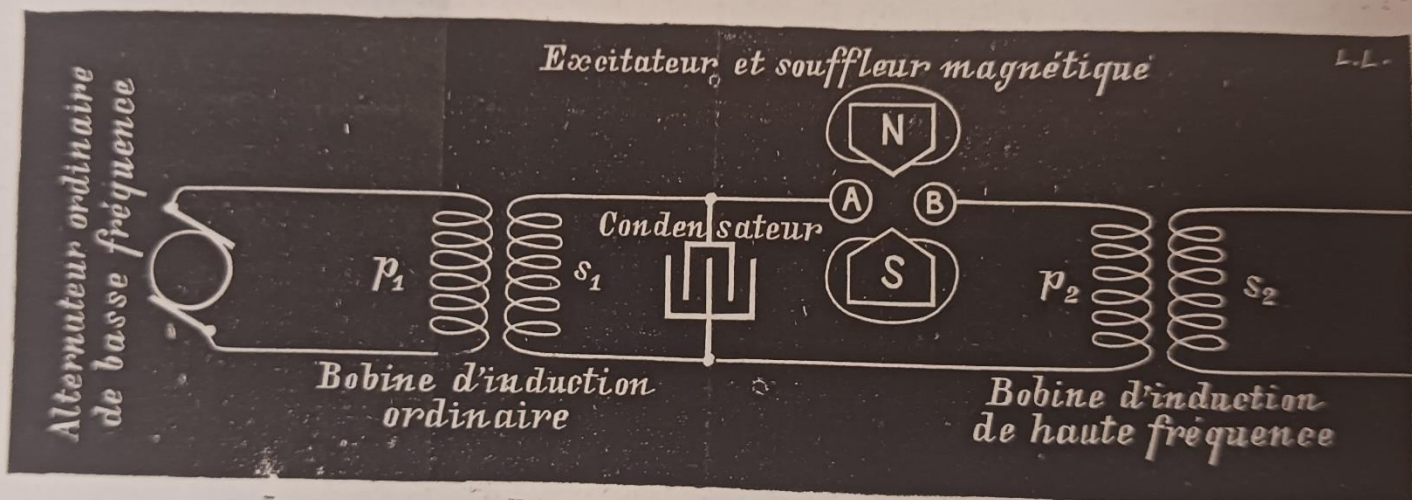


Fig. 3.

Les armures externes sont reliées au circuit primaire JJ' de la bobine spéciale interrompue en G . Dans notre compte rendu, nous avons cru devoir nous borner à appeler l'attention sur les condensateurs, en attendant que le conférencier

A et B; ces pièces sont munies d'une feuille protectrice de mica MM , d'épaisseur suffisante pour empêcher la décharge d'atteindre l'élément aimant.

La forme ordinaire des pôles de l'excit-

maire JJ' de la bobine spéciale interrompu en G.

Dans notre compte rendu, nous avons cru devoir nous borner à appeler l'attention sur les excitateurs, en attendant que le conférencier donne à leur sujet une indication. La figure 2 montre précisément la modification principale de l'excitateur F du diagramme précédent, figure 1.

Quand la bobine d'induction ou le transfor-

protectrice pour empê
aimant.

La form
a été auss
dans celle
nues dans

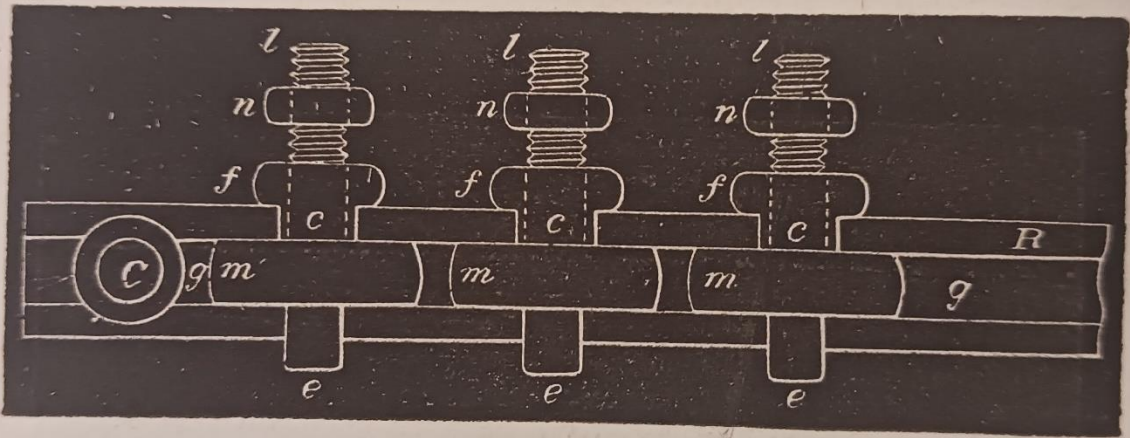
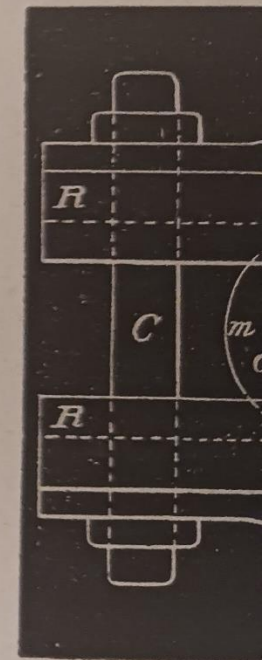


Fig. 4

mateur qui charge le condensateur sont alimentés par un courant de basse fréquence, il y a avantage à disposer un champ magnétique intense à angle droit sur le parcours de la décharge de l'excitateur. Le champ magnétique est produit par une



sorts de pr
successive

reliées au circuit pri
ale interrompu en G.
i, nous avons cru de
er l'attention sur les
que le conférencier
lication. La figure 2
dification principale
amme précédent, fi
tion ou le transfor-

protectrice de mica M M, d'épaisseur suffisante pour empêcher la décharge d'atteindre l'électro-aimant.

La forme ordinaire des pôles de l'excitateur a été aussi modifiée de plusieurs manières; dans celle figurée, les boules A et B sont tenues dans des mâchoires de laiton avec des res-

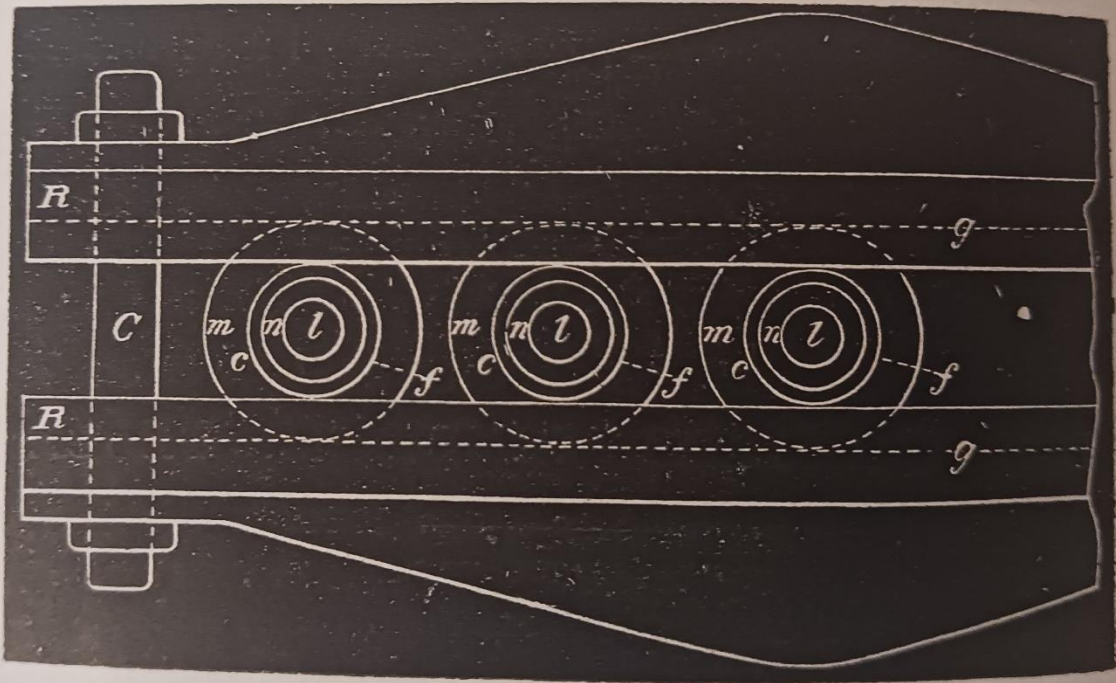
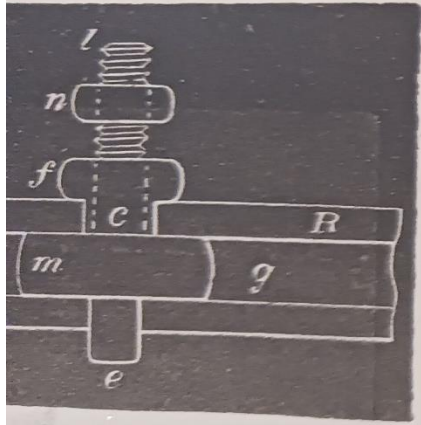


Fig. 5

sorts de pression qui permettent de les tourner

sateur sont alimen-
e fréquence, il y a
np magnétique in-
ours de la décharge

Mais voici (fig. 6) une autre construction concernant la bobine d'induction spéciale actionnée par la décharge disruptive du condensateur qui est l'une des particularités les plus curieuses et les plus nouvelles des expériences de M. Tesla.

La bobine de haute fréquence — sans fer — est en ébonite et comprend deux parties symé-

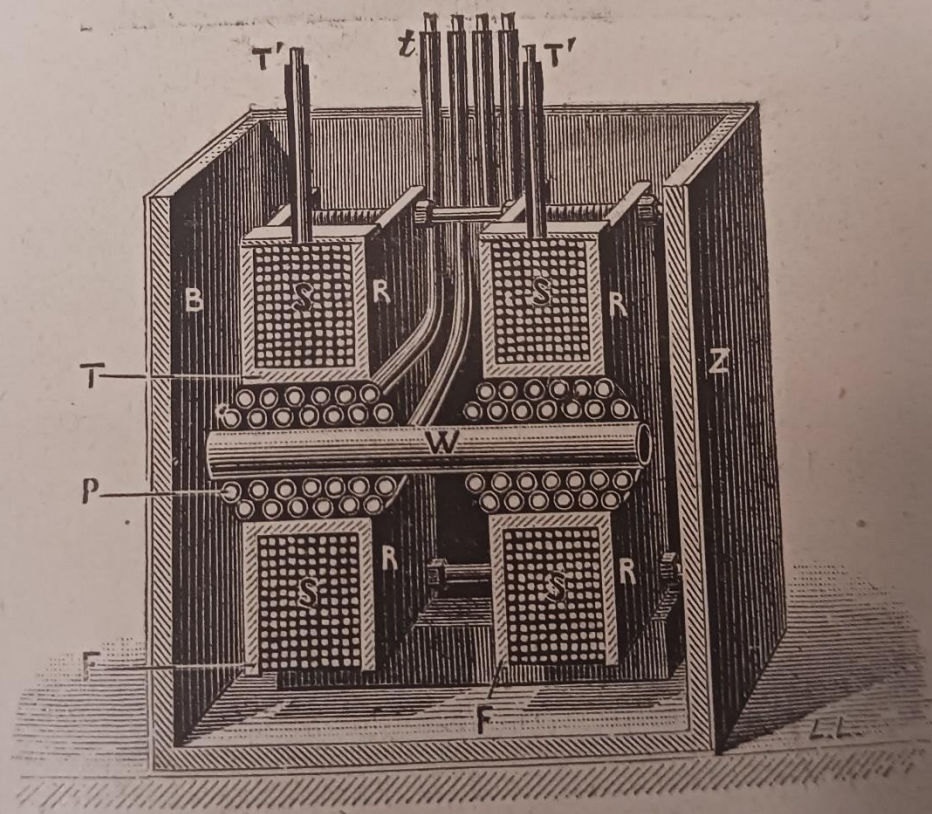


Fig. 6

triques R R maintenues à 10 centimètres de dis-

de fil isolé par
Quand les m
série, le rappo
2,7, et quand
de 5,4.

La bobine
par des sup
moins 5 cent

Les condi
demment p
M. Tesla en
tion des c
grande fré
donnée an
fréquence a
de grande
dans l'huil
elles cont
cuit secon
trouve av
naire des
l'extérieu
seur au f
ment et

lice o , dont la dimension est en rapport avec la
 grandeur du tube de chute t , qui ferme le réservoir
 au lieu de lui être fixé comme d'ordinaire.

La pompe est reliée par un tube en U ren-
 versé t à un grand réservoir R_1 ; on prend un
 soin spécial dans l'ajustement des bouchons de
 communication p et p_1 , munis de coupes à mer-
 cure de grandeur inaccoutumée. Le tube en U
 est muni d'un robinet C et de deux communica-

Quand
 sur le tu
 réservoir
 le vide
 fermé; l

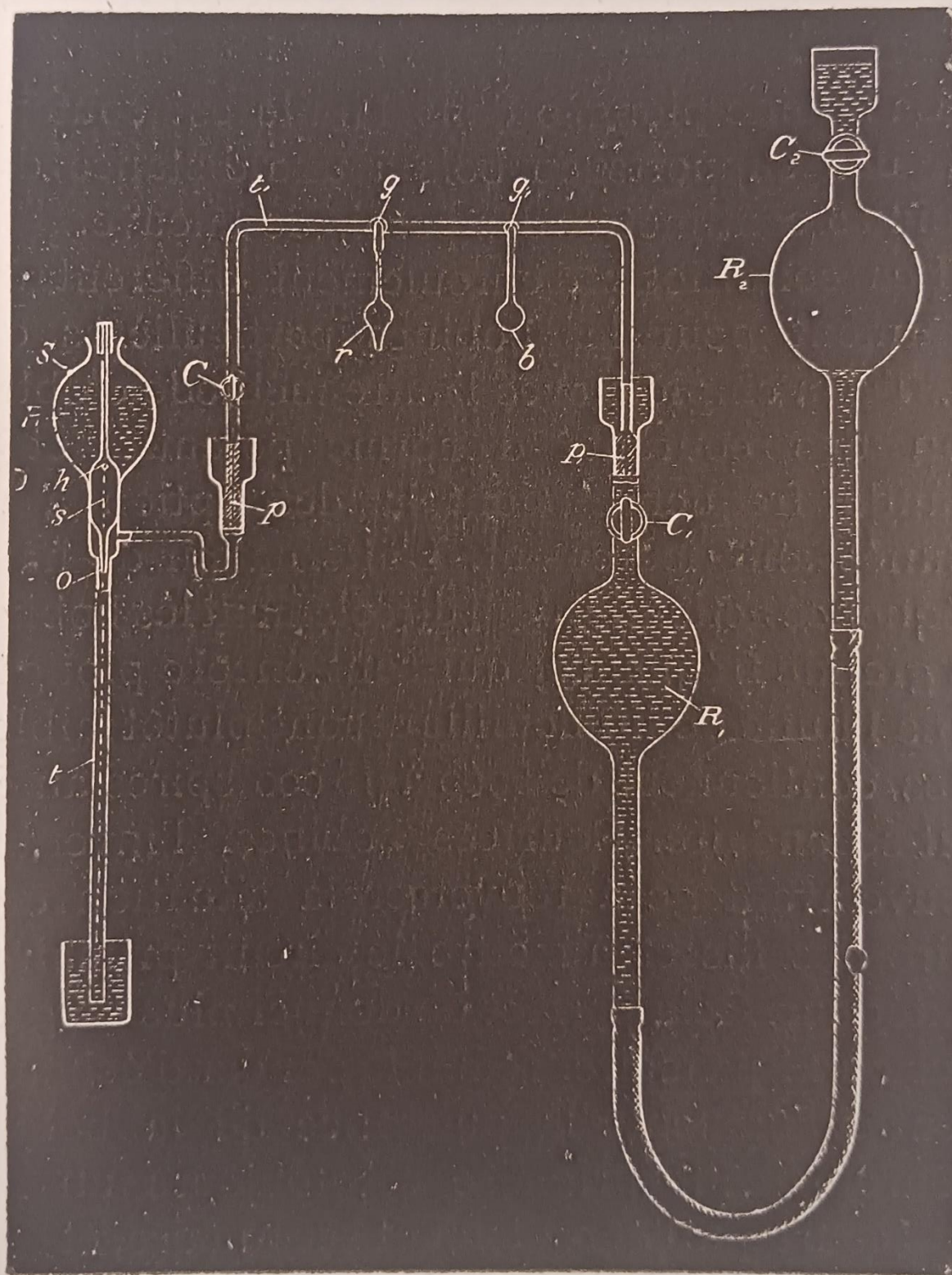


Fig. 7

tions latérales g et g , l'une avec un petit ballon
 b contenant de la potasse caustique, l'autre avec

robinet
 se fait l
 nière à
 ment co
 présent
 avancé

le vide barométrique existe dans le robinet C_2
 fermé; le réservoir R_1 inférieur est plein et le

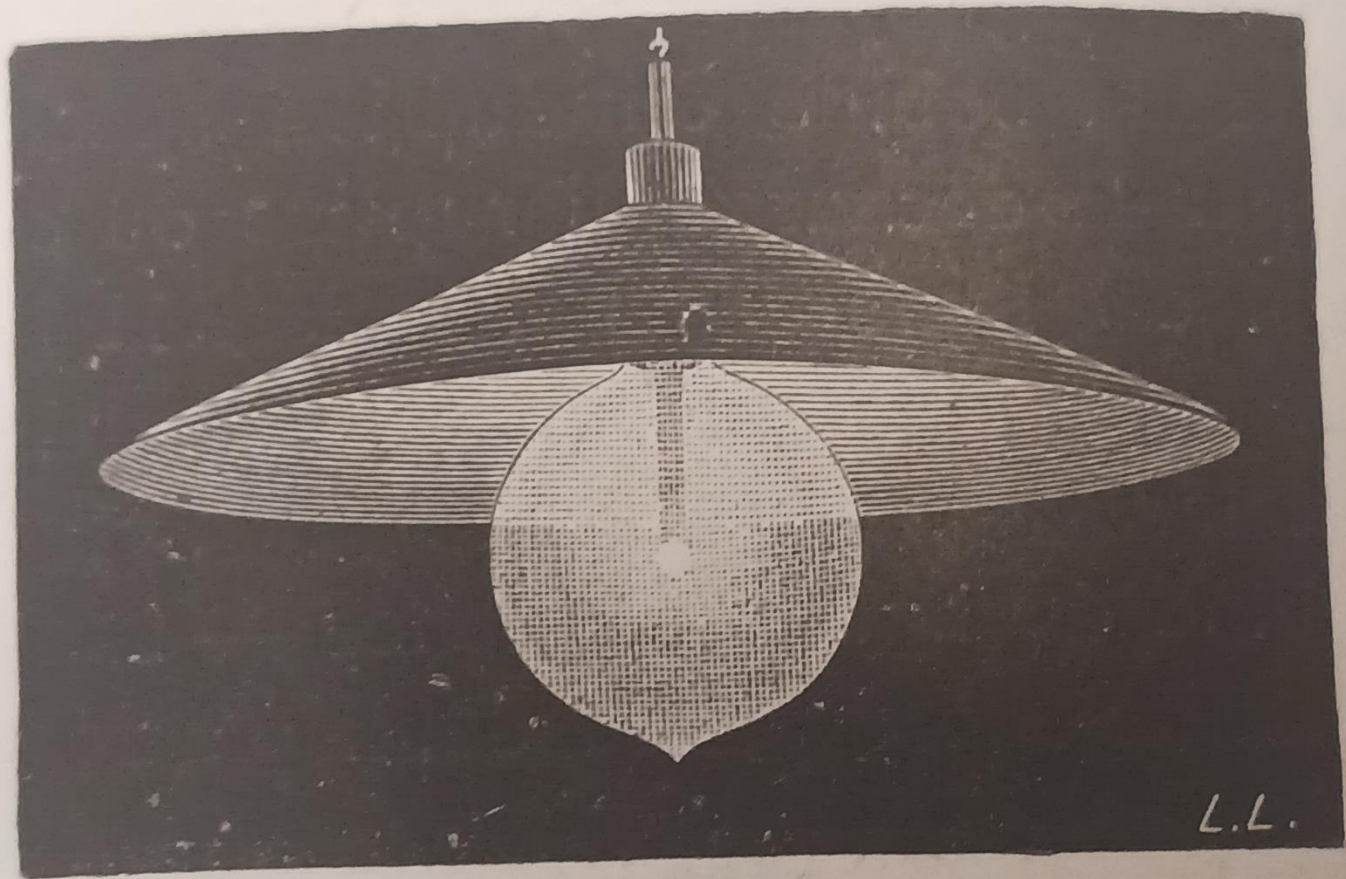
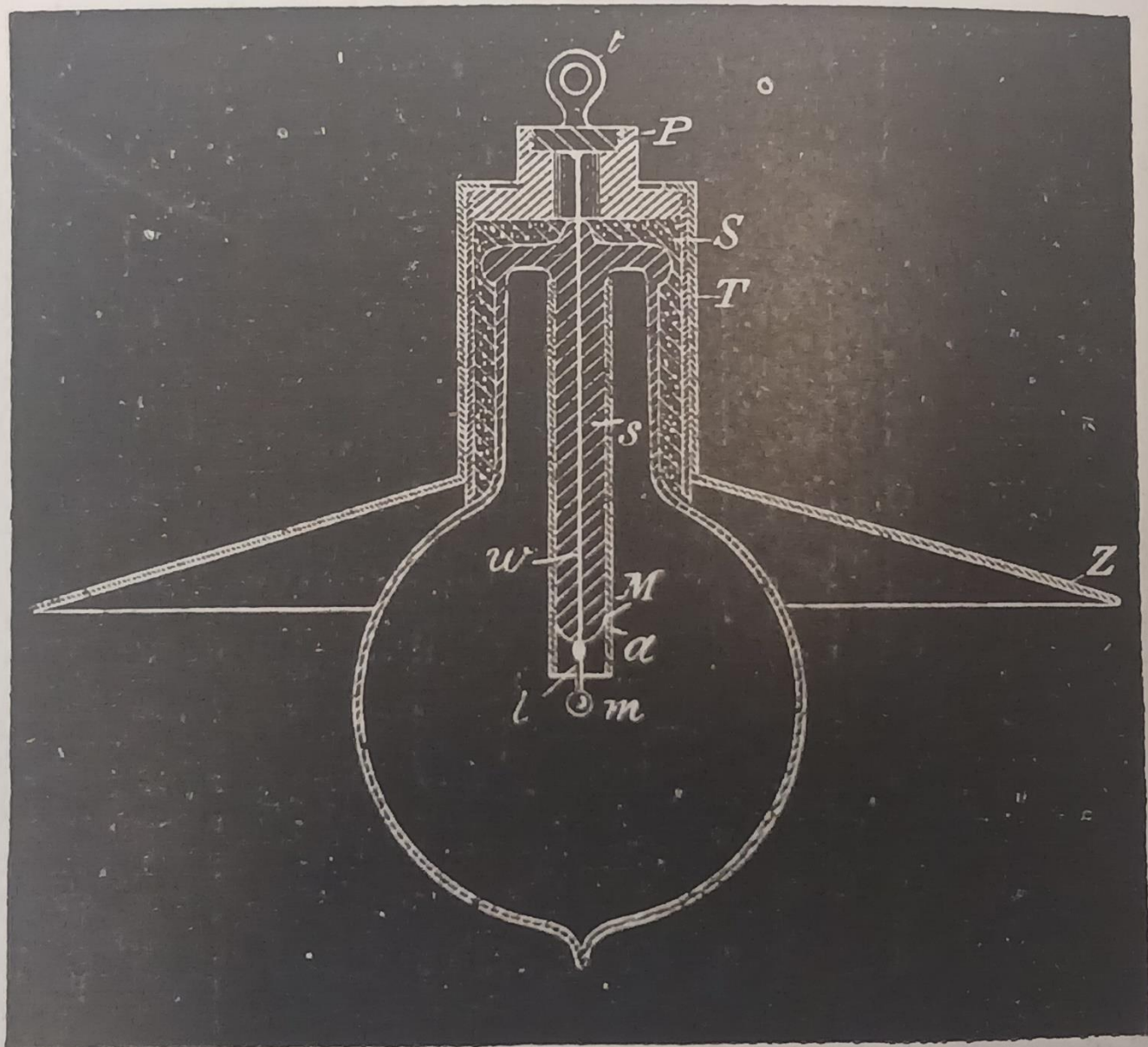


Fig. 8

avance que possible, quand la potasse caustique.



de M. Tesla, dont la figure 8 rappelle l'un des plus brillants aspects, la coupe figure 9 rend compte des particularités principales de construction de la lampe unipolaire munie de son abat-jour condensateur :

m est le bouton ou la perle de matière réfractaire incandescente ;

l le filament de lampe qui lui sert de support ;

w le fil conducteur traversant la tige ;

s la tige isolante en verre ;

M une feuille mince de mica qui fait plusieurs tours autour de la tige s et l'isole ;

a un tube mince d'aluminium dont le rôle est de localiser dans la lampe l'effet radiant sur le bouton m , en agissant aussi comme écran électrostatique protecteur de la tige support ;

t est la borne unipolaire de la lampe ; elle occupe le centre de la douille isolante P vissée dans le tube métallique S .

Le tube S est cimenté autour du col de l'ampoule et porte l'abat-jour condensateur T .

Le bouton où la perle de matière incandescente paraît en somme être toujours une variété quelconque de carbone : charbon préparé à la façon des filaments ordinaires d'incandescence, diamant, ou *carborundum*. Ce produit américain qui, avec le diamant, a donné à M. Tesla les résultats les plus avantageux, a été préconisé par son inventeur, M. Acheson, pour remplacer la poudre de diamant dans le travail des pierres précieuses.

E. RAVEROT,

DÉTAILS DE CONSTRUCTION DES MACHINES DYNAMO (1)

L'armature de la dynamo *Burt* est (fig. 1 et 2) ventilée par de l'air refoulé au moyen du ventilateur P , et par le tuyau Q , dans son axe creux, percé de trous H , bien qu'il semble que l'appel seul de l'air au travers de cet axe, par la rotation même de l'armature, devrait suffire à la ventilation.

Les balais L (fig. 3, 4 et 5), solidaires d'un bras M , orientable à volonté, peuvent s'avancer sui-

vant l'usure sous leurs pinces i , et s'appuyer en pivotant autour des axes N , sur lesquels on les cale par des vis de pression h .

Les connexions de la dynamo sont indiquées en figure 6.

Dans la position figurée des commutateurs z et x , le courant passe du balai L aux inducteurs, puis, par $a_1 a_2 z b_2$, au circuit D_1 , d'où il va, en

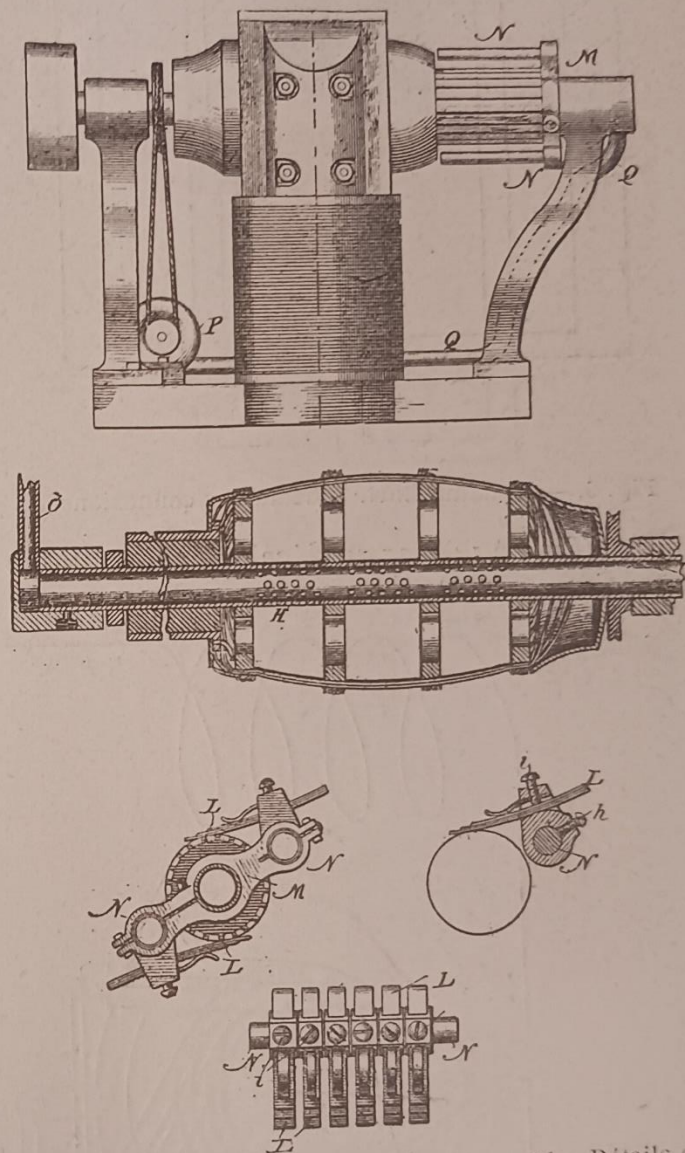


Fig. 1 à 5. — Dynamo Burt (1891). Ensemble. Détails de l'armature et des balais.

d_2 , se partager entre l'enroulement inducteur dérivé b_1 et le circuit B_1 , pour revenir, par $b_3 x c_1$, au balai L . Le rhéostat C_1 permet d'agir sur la dérivation b_1 de manière à régulariser la dynamo aussi exactement que peut l'exiger l'un des circuits, B_1 par exemple. Mais, si l'on ne doit alimenter que le circuit moins exigeant D_1 , on relie, par x , c_1 avec b_2 , ou l'on retranche du circuit à la fois B_1 et la dérivation b_1 , en amenant z sur a_2 et d_2 , et x sur c_1 et b_2 .

(1) *La Lumière Électrique*, 30 avril 1892, p. 210.

fonction du courant, peuvent être représentées par la boucle d'hystérésis k (fig. 3) et si l'acier subit simultanément une aimantation dont les effets sont représentés par la boucle inférieure m , la force résultante, égale à la différence des deux premières, sera sensiblement représentée par une courbe unique qui ne formera pas de boucle, ou tout au moins une boucle très étroite. De plus, comme les concavités et les convexités des deux courbes d'hystérésis présentent des caractères semblables, leur différence se rapproche d'une droite.

En résumé, il s'agit de produire avec deux métaux magnétiques de propriétés hystérétiques différentes deux flux dont la différence, pour un même courant magnétisant, soit la même que l'on aille en augmentant ou en diminuant l'aimantation.

Dans le dispositif Evershed la valeur des flux peut se régler en agissant sur la section des barreaux; dans le système Abdank et Meylan, on peut agir à la fois sur la section des noyaux et sur les ampères-tours.

A. H.

Oscillateur électrique Tesla.

Au Congrès international des électriciens, à Chicago, M. Tesla a présenté les résultats auxquels il est arrivé en cherchant à construire un appareil qui pût donner économiquement les oscillations électriques de grande fréquence que ses belles expériences ont mis en usage. L'auteur a voulu éviter l'emploi du mouvement rotatoire; il se sert d'un piston qui fait osciller une bobine dans un champ magnétique.

On conçoit les difficultés qui se présentent lorsqu'on cherche à réaliser un mouvement oscillatoire rapide. M. Tesla s'est inspiré des conditions qui permettent d'obtenir des oscillations électriques à l'aide de la bouteille de Leyde. Ces phénomènes se produisent, comme on sait, lorsque le circuit tend à absorber l'électricité plus vite que la bouteille de Leyde ne peut la fournir.

En procédant par analogie, M. Tesla fait arriver de l'air comprimé dans un piston, mais à travers une ouverture calculée de façon que la quantité d'air fournie par unité de temps ne puisse maintenir une pression constante; celle-ci diminue brusquement, lorsque le piston, étant repoussé, dépasse la position d'équilibre.

L'*Electrical Engineer*, de New-York, décrit une des dispositions adoptées par M. Tesla pour obtenir les oscillations mécaniques, soit à l'aide de l'air comprimé, soit à l'aide de la vapeur.

Un piston P (fig. 1) est ajusté dans un cylindre C présentant deux ouvertures OO pour l'échappement de la vapeur, et une troisième I pour l'admission. Le piston est pourvu de deux fentes S S' écartées l'une de l'autre d'une distance soigneusement calculée, et communiquant entre elles par deux tubes T T. Le piston est monté sur une tige pénétrant dans le cylindre par deux boîtes à étoupes et jouant dans deux glissières B B. Une double enveloppe J sert à étouffer le bruit produit par l'oscillateur.

Le tout se trouve à l'intérieur d'un double électro-aimant M M construit en tôles de fer

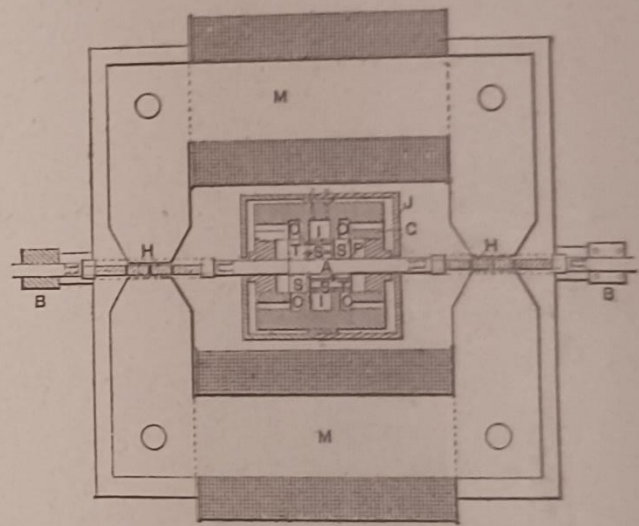


Fig. 1. — Oscillateur électrique Tesla.

doux. Deux bobines plates H H fixées sur la tige vont et viennent avec les mouvements du piston dans le champ magnétique très intense des entrefers étroits ménagés entre les pôles.

Ce système fonctionne ainsi : la vapeur étant admise par l'ouverture I, il suffit de frapper un léger coup sur l'extrémité de la tige A pour mettre le piston en mouvement. Supposons qu'il soit poussé à gauche; la vapeur pénètre alors à travers la fente S' et le tube T dans la chambre de gauche. La pression du fluide fait donc revenir le piston à droite; mais avant qu'il arrive à fin de course, la communication de la vapeur avec la chambre de gauche est fermée, et la vapeur qui y restait s'échappe par l'ouverture O de gauche. Le retour du piston de droite à gauche s'opère dans des conditions analogues; cette oscillation est continue et les vibrations peuvent

tance soigneusement entre elles par deux tubes T T. Le piston est monté sur une tige pénétrant dans le cylindre par deux boîtes à étoupes et jouant dans deux glissières B B. Une double enveloppe J sert à étouffer le bruit produit par l'oscillateur.

Le tout se trouve à l'intérieur d'un double électro-aimant M M construit en tôles de fer

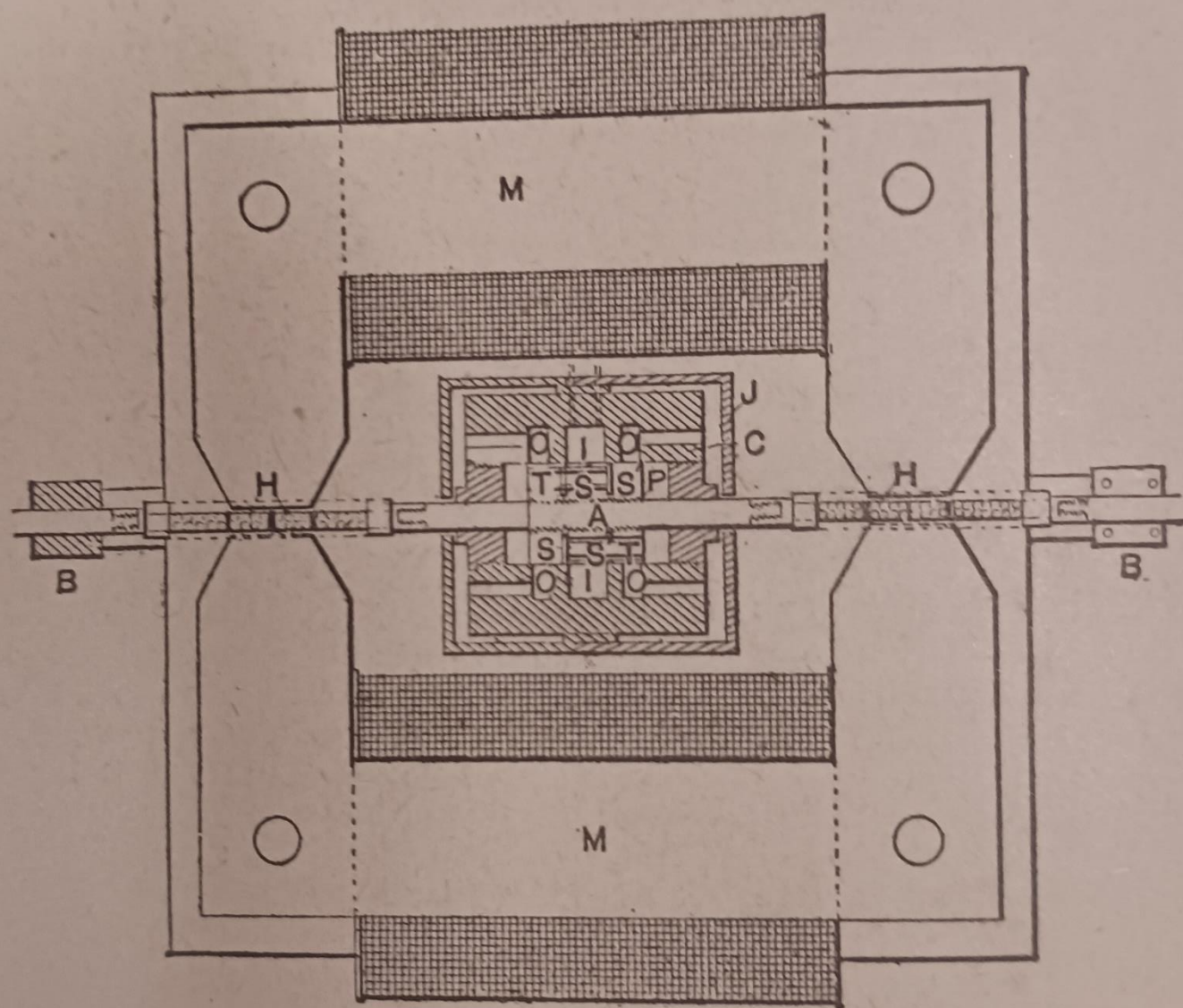


Fig. 1. — Oscillateur électrique Tesla.

doux. Deux bobines plates H H fixées sur la tige vont et viennent avec les mouvements du piston dans le champ magnétique très intense des entrefers étroits ménagés entre les pôles.

Ce système fonctionne ainsi : la vapeur étant admise par l'ouverture...

être réglées depuis une amplitude de $\frac{1}{3}$ de millimètre seulement jusqu'à 1 centimètre. Il est intéressant de voir une lampe à incandescence alimentée par cet appareil lorsqu'il produit une vibration à peine visible.

Pour rendre la période de ces oscillations mécaniques aussi constante que possible, M. Tesla utilise de l'air comprimé formant ressort; mais il se sert également de la réaction exercée par la partie électromagnétique de l'appareil. A la bobine il associe un condensateur dont la capacité est avec la self-induction de la bobine dans une relation telle que la période naturelle du circuit soit égale à la période moyenne que doivent avoir les oscillations du piston. Lorsque la partie mécanique tend à s'écarter de cette période, la partie électrique tend à l'y ramener.

Étant donné que les parties mobiles de cet appareil sont très légères et que le frottement peut être réduit à un minimum par l'utilisation directe de la force expansive de la vapeur, comme le fait M. Tesla, il est peut-être réservé un avenir industriel à ce système. En tout cas,

on suivra avec intérêt les perfectionnements que l'auteur se propose d'y apporter.

REVUE DES TRAVAUX RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Sur l'allongement produit dans le fer doux par l'aimantation, par Sidney J. Lochner ⁽¹⁾.

Les résultats des récentes expériences de M. Alphonse Berget ⁽²⁾ semblaient en contradiction avec ceux obtenus par M. Shelford Bidwell. M. Lochner s'est proposé de confirmer l'une ou l'autre de ces séries d'expériences, mais croit avoir vérifié par les expériences ci-dessous décrites les résultats expérimentaux des deux premiers auteurs.

L'instrument employé est en principe un réflectomètre à interférences de Michelson. Il se compose (fig. 1) de deux miroirs m et m' , ce dernier fixé à l'extrémité libre de la barre B; et

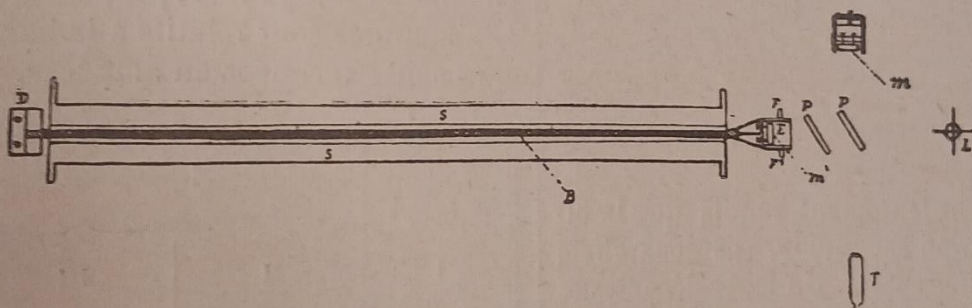


Fig. 1.

de deux lames parallèles de verre P et P', dont la dernière est légèrement argentée sur la face éloignée de la source de lumière L.

Le solénoïde S contient 2100 spires de fil de cuivre de 1,4 mm. de diamètre enroulé en 7 cou-

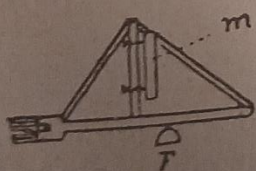


Fig. 2

ches sur un cylindre de 70 cm. de longueur et 1,9 cm. de diamètre extérieur. L'extrémité fixe de la barre B est vissée en D. L'extrémité libre porte le chariot E qui sert de support au miroir m' . Ce chariot représenté en coupe par la

figure 2 repose légèrement sur les supports F et F'. Ceux-ci, de forme arrondie, donnent lieu

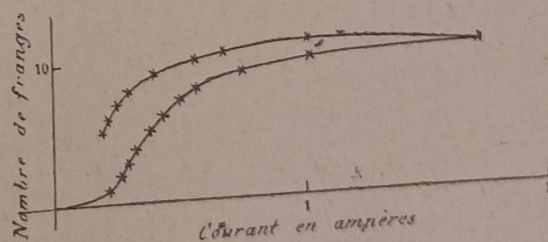


Fig. 3

au moins de frottement possible; leur but est d'empêcher des déplacements latéraux du mi-

⁽¹⁾ *Philosophical Magazine*, déc. 1893, p. 498.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 7 novembre 1892. — *La Lumière Electrique*, t. XLVI, p. 495.

VARIÉTÉS

SUR LES PHÉNOMÈNES
DE VIBRATION A HAUTE FRÉQUENCE (*)

On peut admettre comme un fait établi résultant de la théorie visuelle que, pour chaque impression extérieure, c'est-à-dire pour chaque image produite sur la rétine, les extrémités des nerfs optiques affectés à la transmission de l'impression au cerveau doivent être soumises à une tension spéciale ou se trouver en état de vibration. Il n'est du reste pas improbable que lorsque la pensée évoque une image, il s'exerce une action réflexe directe, quelque faible qu'elle puisse être, sur certaines extrémités des nerfs optiques et par suite sur la rétine.

L'homme pourra-t-il jamais analyser la condition de la rétine quand elle est affectée par la pensée ou par un acte d'analyse réflexe? pourra-t-il jamais trouver des moyens optiques ou autres assez sensibles pour obtenir une notion claire de l'état de cet organe en tout temps? Si cela était possible, le problème de la lecture des pensées avec la même précision que dans un livre ouvert deviendrait beaucoup plus aisé à résoudre que beaucoup de problèmes du domaine de la science physique positive à la solution desquels beaucoup, sinon la majorité des savants, croient implicitement.

Helmholtz a montré que le fond des yeux était lui-même lumineux, et il a été à même de *voir*, dans l'obscurité complète, le mouvement de son bras, grâce à la lumière de ses propres yeux; c'est là l'une des plus remarquables expériences que relate l'histoire de la science et il est probable que peu d'hommes pourraient la répéter avec succès, car il est vraisemblable que la luminosité des yeux est associée à une activité peu commune du cerveau et à une grande puissance d'imagination : c'est la fluorescence de l'action cérébrale en quelque sorte.

Un autre fait touchant le même sujet, et qui a probablement été remarqué par beaucoup de personnes, puisqu'il est constaté par des expressions populaires, mais que je n'ai pas trouvé relaté comme un résultat positif d'observation,

(*) Conférence faite devant le Franklin Institute, et devant la National Electric Light Association à Saint-Louis.

c'est que, lorsqu'une idée ou une image se présente brusquement d'elle-même à l'intellect, il y a une sensation distincte et parfois pénible de luminosité produite dans l'œil et observable même à la lumière du jour.

Deux faits relatifs à l'œil doivent frapper l'esprit du physicien, bien qu'il puisse penser ou dire que c'est un instrument optique imparfait, oubliant que la conception de ce qui est parfait ou lui paraît être tel a été acquise précisément par ce même instrument, c'est d'abord que l'œil est, autant que nous sachions, le seul organe *directement* affecté par ce milieu subtil qui, la science nous l'enseigne, doit remplir l'espace; c'est ensuite qu'il est le plus sensible de nos organes, incomparablement plus sensible aux expressions extérieures que tout autre.

Le sens de l'ouïe implique le choc de corps pondérables, le sens de l'odorat, le transport de particules matérielles détachées, et le sens du goût et celui du toucher ou de la force, ne se conçoivent pas sans le contact direct, et cela est vrai même pour les organismes dont quelques organes se sont développés à un merveilleux degré de perfection. Cela étant, il semble étonnant que l'organe de la vision soit seul capable d'être excité par ce quelque chose que tous nos autres organes sont impuissants à déceler, qui pourtant joue un rôle essentiel dans tous les phénomènes naturels, qui transmet toute l'énergie et entretient tout mouvement, même le plus intrigant, la vie, mais qui possède des propriétés telles que même un esprit scientifique ne peut s'empêcher de le distinguer de tout ce qu'on nomme matière.

Le fait que l'œil par sa puissance admirable étend nos moyens de perception bien au-delà des limites de l'étroit monde qu'est le nôtre et nous permet d'embrasser des myriades d'autres mondes, de soleils et d'étoiles dans la profondeur infinie de l'univers, justifie la dénomination que nous lui donnons, d'organe d'un ordre supérieur. Nous ne pouvons nous faire qu'une faible idée de sa puissance prodigieuse en analysant ce qu'il accomplit et en établissant des comparaisons.

Quand les ondulations de l'éther viennent frapper le corps humain, elles produisent les sensations de la chaleur et du froid, du plaisir et de la douleur, et peut-être d'autres sensations dont nous ne nous rendons pas compte, et tous les degrés d'intensité de ces sensations, degrés en

nombre infini, d'où un nombre infini de sensations distinctes. Mais notre sens du toucher, ou sens de la force, ne peut nous révéler ces différences d'intensité, à moins qu'elles ne soient très grandes. Or, il nous est aisé de concevoir un organisme, comme l'organisme humain au cours de l'évolution éternelle, qui étant contraint à l'usage du seul sens du toucher ou de la force, par exemple, puisse développer ce sens à un tel degré de perfection qu'il devienne capable de distinguer les plus faibles différences dans la température d'un corps, même à quelque distance, au centième, ou au millième ou au millionième de degré. Eh bien! même ce résultat qu'il semble impossible d'atteindre ne peut être comparé avec ceux qu'obtient l'œil, qui est capable de distinguer et d'apporter au cerveau en un instant d'innombrables particularités du corps, en tant que forme, couleur ou sous tout autre rapport. Ce pouvoir de l'œil est basé aussi bien sur la propagation rectiligne de la perturbation qui l'excite que sur sa sensibilité.

Dire que l'œil est sensible, c'est ne pas dire assez. En comparaison avec lui, tous les autres organes sont monstrueusement rudimentaires. L'odorat qui guide le chien sur la piste du gibier, le toucher qui conduit l'insecte dans ses pérégrinations, l'ouïe qu'affecte le moindre souffle de l'air sont exercés par des organes sensibles, certes, mais que sont-ils, comparés à l'œil humain! Sans aucun doute, il répond aux plus faibles échos ou réverbérations du milieu; il nous apporte des nouvelles des autres mondes, infiniment éloignés, mais dans un langage que nous ne savons déchiffrer toujours. Et pourquoi pas? Parce que nous vivons dans un milieu rempli d'air et d'autres gaz, de vapeurs et d'une masse dense de particules solides tourbillonnant autour de nous. Ces éléments prennent une part importante à beaucoup de phénomènes; ils dissipent l'énergie des vibrations avant qu'elles atteignent notre œil; ils sont aussi les véhicules des germes de destruction s'introduisant dans nos poumons et nos autres organes, dont ils entravent le fonctionnement et arrêtent inévitablement le cours de la vie. Si nous pouvions écarter toute matière pondérable du champ de vision d'un télescope, celui-ci nous révélerait des merveilles que nous ne pouvons rêver. Même l'œil non armé pourrait, je pense, distinguer dans un milieu pur de petits

objets à des distances qui se mesureraient par des centaines, peut-être même par des milliers de lieues.

Si je suis conscient du mouvement, je dois avoir une idée ou une conception, c'est-à-dire une image, par conséquent l'œil m'est nécessaire. Si je ne me rends pas compte d'une façon précise du mouvement, c'est parce que les images sont vagues ou indistinctes, étant brouillées par la superposition d'un grand nombre. Mais lorsque j'accomplis un mouvement, l'impulsion qui me fait agir provient-elle du dedans ou du dehors? Les plus grands physiciens n'ont pas dédaigné de chercher à répondre à cette question et à d'autres semblables et se sont quelquefois abandonnés aux délices de la pensée pure et libre. De telles questions sont généralement considérées comme n'appartenant pas au domaine de la science physique positive, mais elles lui appartiendront avant peu.

Helmholtz a probablement songé au problème de la vie plus que tout autre savant moderne. Lord Kelvin a exprimé sa conviction que le processus de la vie est électrique et qu'il y a une force inhérente à l'organisme et déterminant ses mouvements. Autant que de toute vérité physique, je suis convaincu que l'impulsion motrice doit provenir de l'extérieur. Car, considérez l'organisme le plus inférieur que nous connaissions — et il y en a probablement de plus rudimentaires encore — un agrégat de quelques cellules seulement. S'il est capable d'un mouvement volontaire, il peut accomplir un nombre infini de mouvements, tous définis et précis. Mais un mécanisme consistant en un nombre fini de parties ne peut accomplir un nombre illimité de mouvements définis, donc l'impulsion qui gouverne son mouvement doit émaner du voisinage.

Ainsi, l'atome, l'élément ultime de la structure de l'univers, est éternellement ballotté dans l'espace, le jouet de toutes les influences extérieures, comme une épave dans une mer agitée. S'il cessait de se mouvoir, il mourrait. La matière inerte, si cela pouvait exister, serait la matière morte. La mort de la matière! Jamais sentence de plus profonde signification philosophique n'a été exprimée. C'est ainsi que l'exprime le professeur Dewar dans la description de ses admirables expériences, dans lesquelles l'oxygène est manié comme on manie

l'eau, et où l'air à la pression ordinaire est condensé et même solidifié par le froid intense. Des expériences qui servent à illustrer, dans son langage, les dernières faibles manifestations de la vie, les derniers frissons de la matière à l'agonie. Mais les yeux humains ne seront pas témoins de cette mort. Il n'y a pas de mort de la matière car à travers l'univers infini, tout se meut, tout vibre, tout vit.

Je me suis livré aux développements qui précèdent au péril de m'engager sur le terrain métaphysique, dans mon désir de donner à ma conférence une préface pas complètement sans intérêt. Revenons maintenant à notre sujet. Cet organe divin de la vue, cet instrument indispensable de la pensée et de toute joie intellectuelle, qui nous ouvre les merveilles de l'univers, par l'intermédiaire duquel nous avons acquis les connaissances que nous possédons et qui excite et qui règle toute notre activité physique et mentale, par quoi est-il affecté? Par la lumière! Qu'est-ce donc que la lumière?

Il sortirait du cadre de cette conférence de traiter la question d'une manière générale; je me bornerai simplement à présenter une certaine catégorie d'effets lumineux et les phénomènes observés en poursuivant l'étude de ces effets. Pourtant, je rappellerai qu'il est aujourd'hui accepté par la majorité des savants, comme résultat positif des recherches théoriques et expérimentales, que les formes variées de la manifestation de l'énergie qui étaient généralement désignées comme « électriques », ou plus précisément « électromagnétiques », sont des manifestations d'énergie de la même nature que celles de la chaleur rayonnante et de la lumière. Les phénomènes de la chaleur et de la lumière, et d'autres encore, peuvent donc être appelés des phénomènes électriques. La science électrique se trouve ainsi devenue la mère des sciences et son étude prend une importance capitale. Le jour où nous saurons exactement ce que c'est que l'électricité, ce jour-là marquera une date probablement plus mémorable qu'aucune autre dans l'histoire de la race humaine.

Il est plus important pour l'étudiant qui entreprend l'étude des phénomènes lumineux de se familiariser avec certaines vues générales modernes, que d'absorber des livres entiers sur la lumière considérée en elle-même et en dehors

de ces vues. Si j'avais donc à faire ces démonstrations devant des étudiants en quête d'informations, je m'efforcerais principalement de leur faire accepter ces vues dans cette série d'expériences.

Il serait peut-être suffisant dans ce but d'effectuer une expérience simple et bien connue. Je pourrais prendre un appareil familier, une bouteille de Leyde, la charger à l'aide d'une machine à frottement et la décharger ensuite. En expliquant son état de charge permanent et les conditions transitoires de la décharge, en appelant l'attention sur les forces qui entrent en jeu et sur les phénomènes variés qu'ils produisent, je pourrais pleinement réussir à démontrer cette idée moderne. Mais je me propose d'exposer des démonstrations expérimentales plus étendues, et au lieu d'une machine à frottement et d'une bouteille de Leyde, j'aurai recours dans ces expériences à une bobine d'induction douée de propriétés particulières que j'ai décrite en détail dans une conférence faite à l'*Institution of Electrical Engineers*, de Londres, en février 1892. Cette bobine d'induction est capable de produire des courants à d'énormes différences de potentiel, alternant avec une rapidité extrême. Je m'occuperai tout d'abord des appareils employés et de la méthode pour obtenir les courants à haut potentiel et grande fréquence dont il est fait usage dans ces expériences.

Appareils et méthode de transformation.

La méthode employée pour obtenir ces courants à haute fréquence a été montrée dans ma conférence devant l'*American Institute of Electrical Engineers*. La figure 1 représente schématiquement un certain nombre de procédés employés dans les laboratoires pour produire ces courants à l'aide de courants continus ou de courants alternatifs à basse fréquence. La méthode générale est de charger des condensateurs avec une source de courant continu ou alternatif, de préférence à haute tension, et de les décharger disruptivement en observant les conditions bien connues nécessaires pour entretenir les oscillations.

Afin de donner une idée claire de l'action qui s'exerce, je supposerai qu'on emploie un générateur à courant continu, ce qui est souvent très commode. Ce générateur doit avoir une tension

suffisante pour donner des étincelles à travers une petite épaisseur d'air. Si cette condition n'est pas réalisée, on devra avoir recours à des moyens auxiliaires, dont quelques-uns seront indiqués plus loin.

Lorsque les condensateurs sont chargés à un certain potentiel, l'air ou le milieu isolant cède et il se produit une décharge disruptive. Les condensateurs sont ensuite de nouveau chargés rapidement et les mêmes opérations se répètent en succession plus ou moins rapide.

Pour obtenir d'aussi brusques flux d'électricité il est nécessaire d'observer certaines conditions. Si la vitesse avec laquelle les condensateurs sont chargés est égale à la vitesse de la décharge, il est évident qu'alors les condensateurs n'entrent pas en jeu. Si la vitesse de charge est inférieure à la rapidité de la charge, les condensateurs ne peuvent encore pas jouer un rôle important. Dans le cas, au contraire, où la décharge s'opère plus rapidement que la charge, on obtient une série de courants se suc-

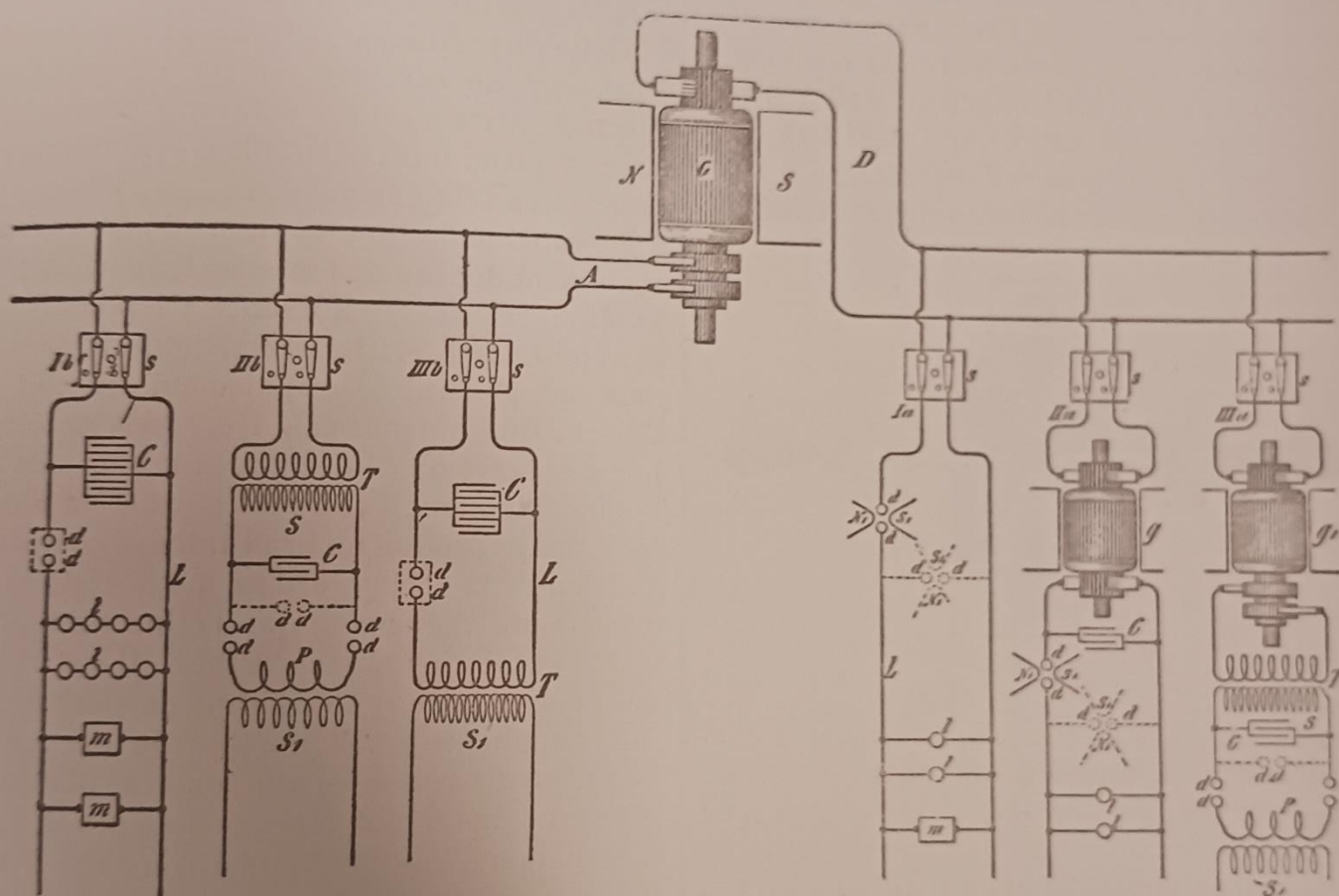


Fig. 1. — Diagramme des connexions pour la transformation à l'aide de la décharge en arc disruptif.

édant à intervalles relativement longs. C'est ce qui a toujours lieu quand on charge un condensateur de grande capacité avec une petite machine. Quand la vitesse de charge n'est pas très différente de celle de la décharge la succession des courants est plus rapide. Nous pouvons ainsi obtenir d'un générateur à courant continu une succession de décharges aussi rapide que nous le voulons. Naturellement, plus la tension du générateur sera élevée, moins grande pourra être la capacité des condensateurs, et c'est principalement pour cette raison qu'il est avantageux d'employer un générateur de très haute

tension. De plus, un générateur de ce genre permet aussi d'obtenir une plus grande vitesse de vibration.

Les courants peuvent être de même sens dans les conditions que nous venons d'émettre, mais plus généralement une oscillation se superpose à la vibration fondamentale du courant. Quand les conditions sont telles qu'il ne se produit pas d'oscillation, les courants sont tous de même sens, ce qui fournit un moyen de transformer un courant continu de haute tension en un courant continu de basse tension, et qui, je pense, peut être utilisé dans l'industrie.

en succession plus ou moins rapide.

la décharge s'opère plus rapidement que la charge, on obtient une série de courants se suc-

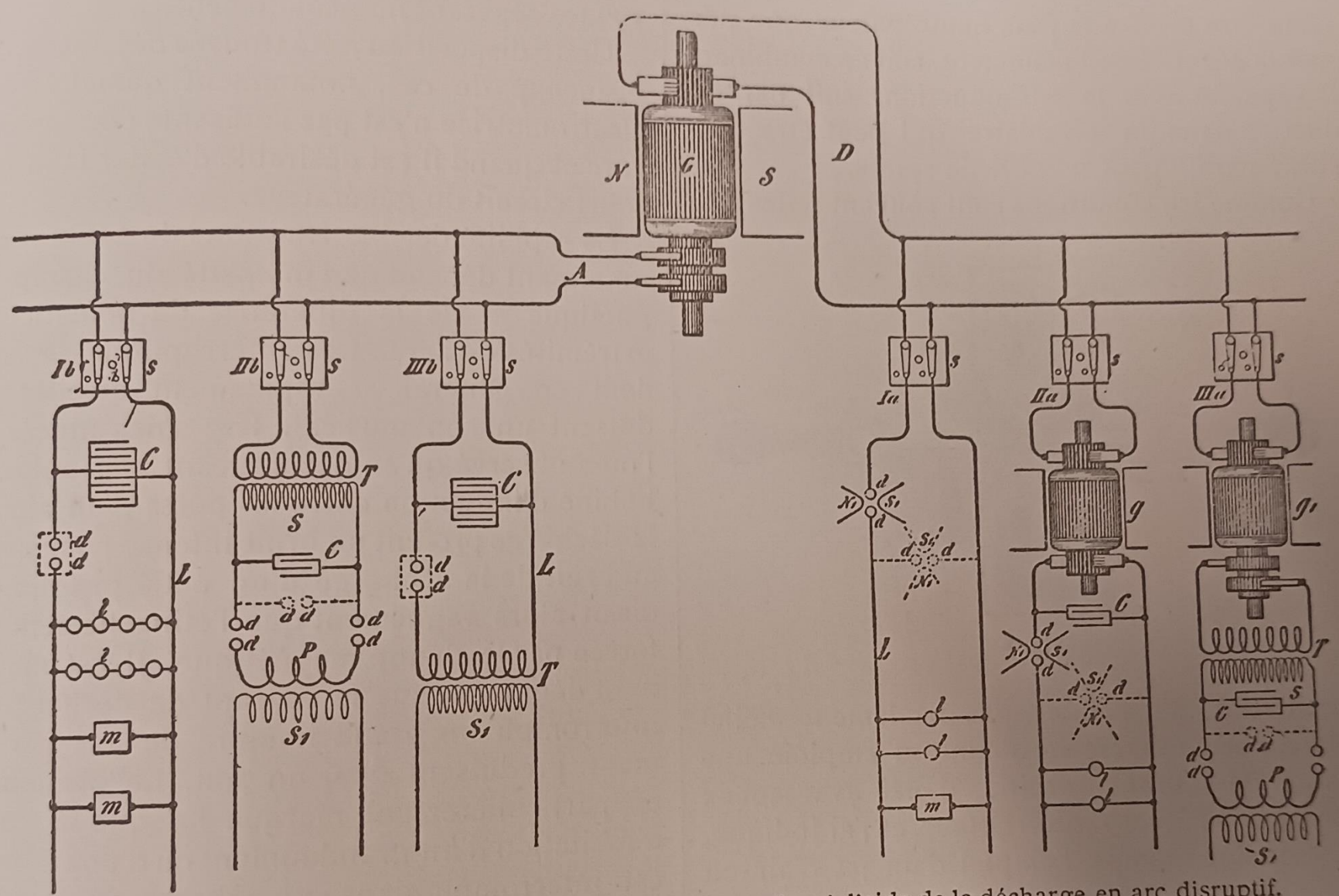


Fig. 1. — Diagramme des connexions pour la transformation à l'aide de la décharge en arc disruptif.

cedant à intervalles relativement longs. C'est ce | tension. De plus, un générateur de ce genre
permet aussi d'obtenir une plus grande vitesse

Cette méthode de transformation est très intéressante. Elle n'implique l'emploi d'aucun dispositif mécanique, et elle permet d'obtenir des courants de fréquence quelconque à l'aide d'un circuit quelconque à courants continus ou alternatifs. Le fréquence des décharges fondamentales dépendant des vitesses relatives de la charge et de la dissipation peut être aisément variée entre de grandes limites, et la fréquence de la vibration superposée peut être réglée par la capacité, la self-induction et la résistance du circuit. Le potentiel des courants peut également être élevé à la plus haute valeur que permet la sécurité de l'isolement, soit en combinant la capacité avec la self-induction, soit par induction dans un secondaire, qui peut être constitué par un petit nombre de spires.

Comme les conditions sont souvent telles que

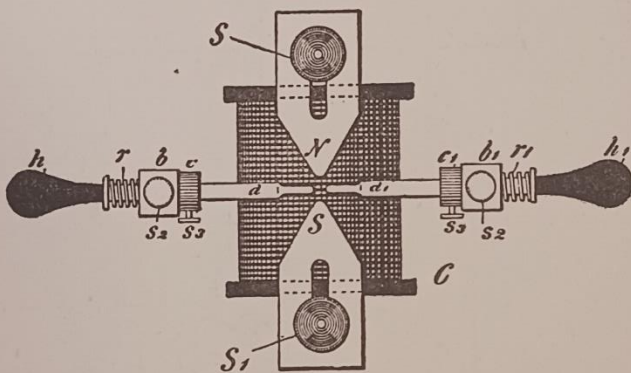


Fig. 2

l'oscillation ne s'établit pas facilement d'elle-même, particulièrement quand on emploie une source de courant continu, il est avantageux d'associer à l'arc un interrupteur, et j'ai indiqué, il y a quelque temps, l'emploi d'un jet d'air ou d'un aimant. L'aimant est employé avec avantage surtout dans la transformation des courants continus, car il est alors très efficace. Lorsque la source primaire est un générateur de courants alternatifs, il est désirable que la fréquence soit basse, et que les courants formant l'arc soient intenses, afin que l'aimant puisse agir plus efficacement.

La figure 2 représente un exciteur de ce genre, avec une forme d'aimant qui a été adoptée spécialement pour la transformation des courants continus.

N S sont les pièces polaires d'un aimant très puissant excité par une bobine C. Une rainure dans ces pièces polaires permet de les fixer dans

la position voulue à l'aide des vis s_1 . Les tiges de décharge $d d_1$, amincies aux extrémités pour permettre de rapprocher les pièces polaires, passent à travers les colonnes de laiton $b b_1$ et sont fixées en place par les vis s_2 . Des ressorts $r r_1$ et des colliers $C C_1$ glissés sur les tiges servent à fixer les points tiges à une distance convenable, à l'aide de vis s_3 .

Lorsqu'on veut allumer l'arc, on donne un coup sec sur l'une des poignées en ébonite $h h_1$, ce qui amène les points des tiges en contact, mais pour un moment seulement, les ressorts $r r_1$ les séparant immédiatement.

Cette disposition a été trouvée nécessaire dans beaucoup de cas, notamment quand la force électromotrice n'est pas suffisante pour amorcer l'arc et quand il est désirable d'éviter la mise en court circuit du générateur.

La rapidité des interruptions du courant avec un aimant dépend de l'intensité du champ magnétique et de la différence de potentiel aux extrémités de l'arc. Les interruptions se succèdent en général si rapidement qu'elles produisent un son musical. Il y a des années que l'on a observé qu'en déchargeant une puissante bobine d'induction entre les pôles d'un aimant, la décharge produit un bruit intense comparable au bruit de la décharge d'un petit pistolet. On disait alors vaguement que l'étincelle était renforcée par le champ magnétique. Il est maintenant démontré que le courant de décharge est interrompu un grand nombre de fois par l'aimant, produisant ainsi un son. Le phénomène est particulièrement marqué lorsque le circuit d'excitation d'un grand aimant ou d'une dynamo est interrompu dans un champ magnétique puissant.

Lorsque le courant à travers l'arc est relativement intense, il est avantageux de glisser sur les pointes de décharge des pièces de charbon très dur et d'établir l'arc entre ces pièces. Cela préserve les tiges et a en outre l'avantage de tenir l'air plus chaud, la chaleur ne s'échappant pas aussi rapidement par conduction à travers les charbons, et le résultat est que la force électromotrice nécessaire pour maintenir une succession de décharges est plus faible.

N. TESLA.

(A suivre).

est pourvue d'un couvercle C un peu large, qui descend à l'extérieur de la boîte. La couche d'air entre les électrodes est chauffée par une petite lampe *l*. Une plaque *p* au-dessus de la lampe ne permet au courant d'air que de passer à travers la cheminée *c* de la lampe, l'air entrant par les ouvertures *oo* dans le fond de la boîte et suivant le chemin indiqué par les flèches.

Quand l'excitateur fonctionne, on ferme la porte de la boîte, de façon que la lumière de l'arc ne soit pas visible extérieurement, ce qui est utile dans certaines expériences. Cette forme d'excitateur est simple et très efficace quand elle est bien disposée. L'air étant chauffé perd de son pouvoir isolant, devient diélectriquement

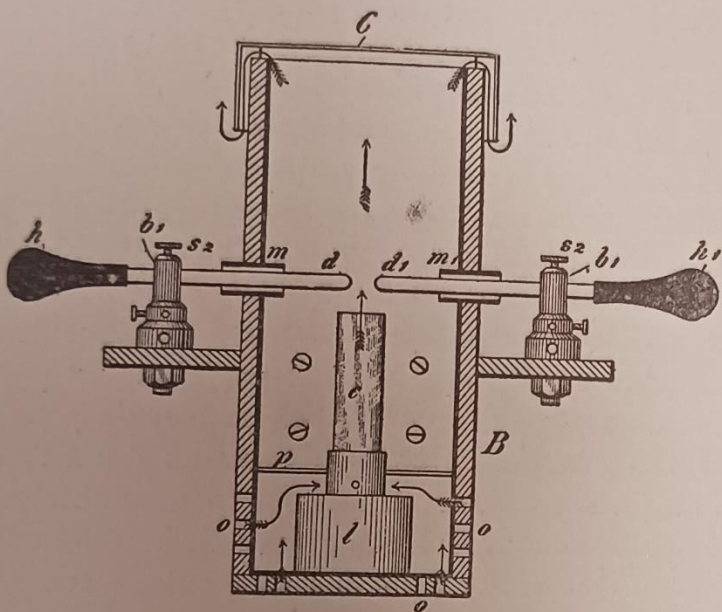


Fig. 1. — Excitateur avec tirage à air chaud.

faible, et comme conséquence l'arc peut être allongé considérablement. L'air doit naturellement être encore suffisamment isolant pour que la décharge soit *disruptive*.

L'arc formé dans ces conditions peut être rendu extrêmement sensible, et le faible tirage à travers la cheminée *c* suffit à produire des interruptions rapides. Le réglage est effectué en agissant sur la température et la vitesse du tirage. Au lieu d'employer une lampe, on peut établir un courant d'air chaud par d'autres moyens. Un procédé très simple, dont on s'est servi, est d'enfermer l'arc dans un long tube vertical partiellement obturé à ses extrémités par des disques qui permettent de régler la température et la vitesse du courant d'air. Il a été trouvé nécessaire d'étouffer le son qui se produit.

L'air peut être rendu diélectriquement faible par la raréfaction. J'ai employé des excitateurs basés sur ce fait, en combinaison avec l'aimant. On munit un grand tube d'épaisses électrodes en charbon ou en métal, entre lesquelles on fait passer la décharge, le tube étant placé dans un champ magnétique puissant. L'épuisement du tube est amené à un point où la décharge se produit facilement, mais la pression doit être supérieure à 75 millimètres, pression à laquelle se produit la décharge continue ordinaire. Dans une autre forme d'excitateur, combinant les moyens mentionnés ci-dessus, la décharge passait entre deux pièces polaires, à distance réglable, entre lesquelles l'air était porté à une température élevée.

Il faut remarquer ici que lorsqu'on emploie des interrupteurs de ce genre et que les courants traversent le primaire d'une bobine à décharge disruptive, il n'est, en général, pas avantageux de produire un nombre d'interruptions par seconde plus grand que la fréquence naturelle du circuit d'alimentation, fréquence qui est ordinairement peu élevée. Il est aussi à noter que tandis que les dispositifs mentionnés relatifs à la décharge disruptive sont avantageux dans certaines conditions, ils peuvent devenir quelquefois des sources de perturbation, parce qu'ils produisent des intermittences et d'autres irrégularités dans la vibration, qu'il serait désirable d'éviter.

Il y a, j'ai le regret de le dire, un défaut dans cette belle méthode de transformation, défaut qui n'est heureusement pas vital et que j'ai réussi à vaincre graduellement. La meilleure manière d'appeler l'attention sur ce défaut et d'indiquer la voie à suivre pour arriver à l'éliminer sera de comparer le procédé électrique avec son analogue mécanique.

Imaginez un réservoir avec, au fond, une grande ouverture maintenue fermée par la pression d'un ressort disposé de telle sorte que l'ouverture soit démasquée *brusquement* quand le liquide atteint un certain niveau dans le réservoir. Alimentons ce réservoir au moyen d'un tuyau donnant un débit déterminé. Lorsque le niveau suffisant sera atteint, le ressort cessera d'agir et le fond du réservoir s'ouvrira. Instantanément le liquide coulera par l'ouverture, puis le ressort, reprenant son action, viendra fermer de nouveau et, l'alimentation se continuant, le

à travers la cheminée *c* de la lampe, l'air entrant par les ouvertures *oo* dans le fond de la boîte et suivant le chemin indiqué par les flèches.

Quand l'excitateur fonctionne, on ferme la porte de la boîte, de façon que la lumière de l'arc ne soit pas visible extérieurement, ce qui est utile dans certaines expériences. Cette forme d'excitateur est simple et très efficace quand elle est bien disposée. L'air étant chauffé perd de son pouvoir isolant, devient diélectriquement

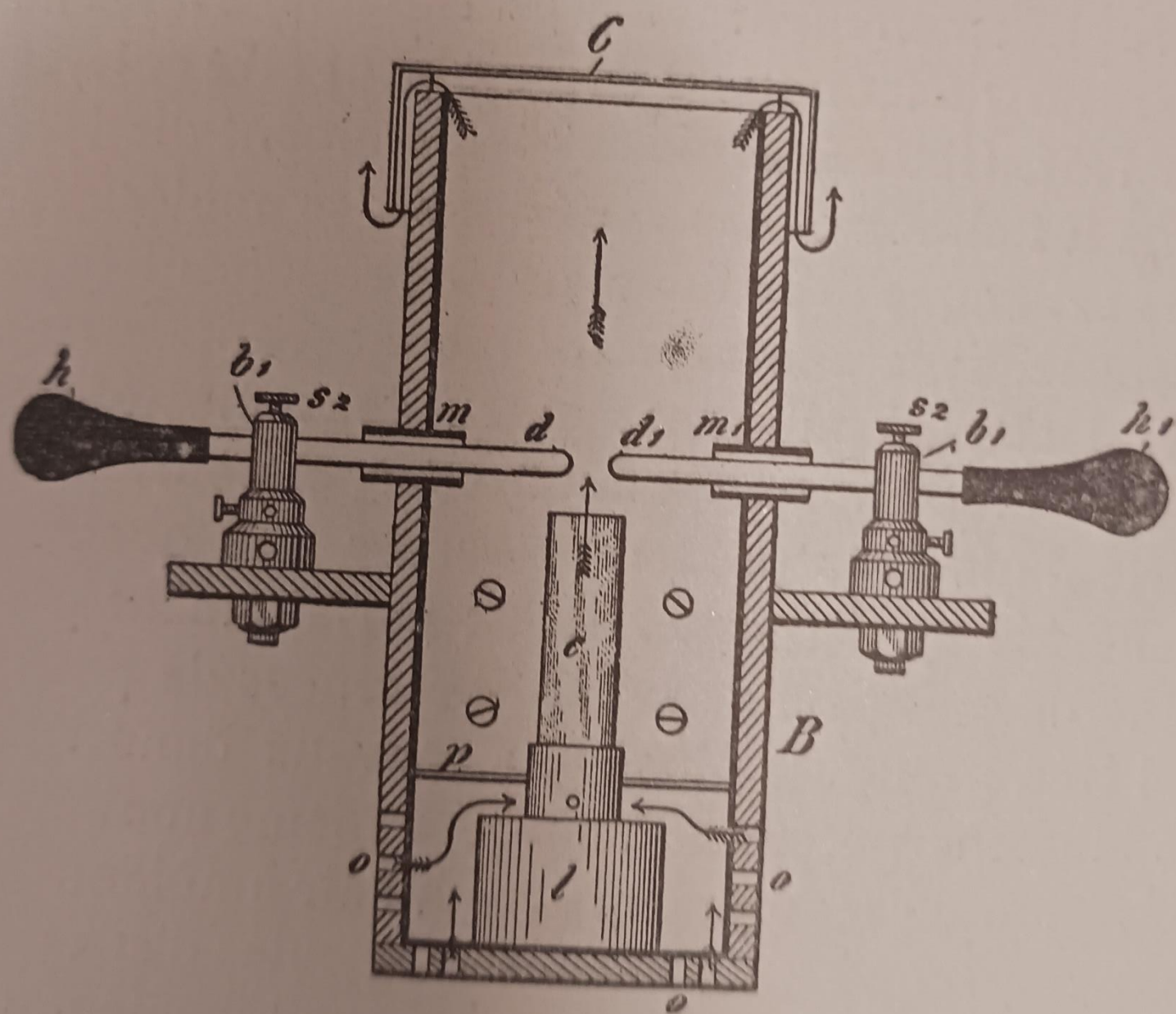


Fig. 1. — Excitateur avec tirage à air chaud.

faible, et comme conséquence l'arc peut être allongé considérablement. L'air doit naturellement être encore suffisamment isolant pour que la décharge soit dirigée.

en cha
passer
champ
tube e
duit fa
rieure
produi
autre f
mentio
deux p
lesque
élevée.

Il fa
des int
rants t
charge
tageux
par sec
relle du
ordinaire
que tan
tifs à la
dans ce
quelque
qu'ils p
irrégula
rable d'é

Il y a,
cette be
qui n'est
réussi à
manière

même phénomène se reproduira après un certain temps. Il est clair, d'ailleurs, que si le tuyau d'alimentation fournit plus que l'orifice du fond ne peut laisser passer, cet orifice restera toujours ouvert, et que néanmoins le réservoir finira par déborder. A égalité exacte de débit, la soupape du fond restera partiellement ouverte, et elle ne subira, en général, aucune vibration pas plus que la colonne liquide, quoiqu'il puisse s'en produire si elles sont provoquées par quelque artifice. Mais si le tuyau d'alimentation ne débite pas assez pour la décharge, il y aura toujours vibration. Dans ce cas, chaque fois que la soupape accomplira son mouvement, le ressort et la colonne liquide, si l'élasticité du premier et l'inertie des parties de la seconde sont convenablement choisies, accompliront des vibrations indépendantes.

Dans cette comparaison, le liquide peut être considéré comme l'électricité ou l'énergie électrique, le réservoir comme le condensateur, le ressort comme le diélectrique, le tuyau d'alimentation comme le conducteur à travers lequel l'électricité est fournie au condensateur. Pour rendre l'analogie plus complète, il est nécessaire d'admettre que chaque fois qu'il cède, le fond vient heurter violemment un arrêt non élastique, ce qui entraîne quelque perte d'énergie et que, en outre, il y a d'autres pertes dues au frottement. Le liquide a été supposé maintenu à une pression constante, mais on peut supposer que cette pression varie d'une façon rythmique, ce qui correspond au cas d'un courant alternatif. Le phénomène n'est plus alors tout à fait aussi simple à considérer, mais l'action reste la même en principe.

Il est désirable, afin d'entretenir la vibration économiquement, de réduire autant que possible le choc et les frottements. Il est impossible d'éviter complètement ces derniers, qui, dans l'analogie électrique, correspondent aux pertes dues à la résistance des circuits, mais elles peuvent être réduites au minimum en choisissant convenablement les dimensions des circuits et en employant des conducteurs minces en forme de torons. Mais la perte d'énergie causée par la rupture du diélectrique — qui dans l'exemple ci-dessus correspond au choc violent du fond contre l'arrêt non élastique — serait plus importante à vaincre. Au moment de la rupture, la couche d'air présente une très haute

résistance, qui est probablement réduite à une valeur très faible quand le courant a atteint une certaine intensité, et l'air est porté à une haute température. La perte d'énergie serait beaucoup réduite si l'air était toujours maintenu à une température extrêmement élevée, mais il n'y aurait alors pas de décharge disruptive. En chauffant la couche d'air modérément à l'aide d'une lampe, par exemple, l'économie en ce qui concerne l'arc est très sensible. Mais l'aimant ou tout autre dispositif interrupteur ne diminue pas la perte dans l'arc. De même un jet d'air ne fait que faciliter la dissipation de l'énergie.

L'air ou un gaz, en général, se comporte d'une façon curieuse à cet égard. Lorsque deux corps chargés à un très haut potentiel se déchargent disruptivement à travers une couche d'air, une quantité quelconque d'énergie peut être enlevée par l'air. Cette énergie est évidemment dissipée dans les chocs et les collisions des molécules. Les échanges des molécules se produisent, dans l'espace, avec une rapidité inconcevable. Dans une décharge puissante entre deux électrodes, celles-ci restent tout à fait froides, et pourtant la perte dans l'air peut représenter une quantité d'énergie quelconque. Il est parfaitement possible de dissiper, avec des différences de potentiel très grandes, plusieurs chevaux dans l'arc de la décharge, sans remarquer même une faible élévation de température dans l'air ambiant. Si l'on empêche l'échange des molécules d'air, par exemple, en enfermant l'air hermétiquement, le gaz à l'intérieur du vase est porté rapidement à une haute température, même avec une très petite décharge.

Il est difficile d'évaluer la quantité d'énergie qui est perdue dans les ondes sonores, perceptibles ou non, créées par une décharge puissante. Quand le courant de décharge est intense, les électrodes peuvent s'échauffer rapidement, mais cet échauffement ne donne pas une mesure de l'énergie perdue, parce que la perte dans le chemin même suivi par l'étincelle peut être comparativement minime.

L'air ou un gaz, en général, n'est évidemment pas, à la pression atmosphérique du moins, le meilleur milieu à travers lequel une décharge disruptive devrait être produite. Un gaz, sous une forte pression, est, naturellement, un milieu bien plus convenable. J'ai fait de longues expériences à ce sujet; elles sont malheureusement

moins praticables par suite des difficultés et de la dépense qu'occasionne la compression de l'air.

Mais même quand le milieu offert à la décharge est un solide ou un liquide, les mêmes pertes ont lieu, quoiqu'elles soient généralement moins importantes, car dès que l'arc est établi le solide ou le liquide est volatilisé. En effet, on ne connaît aucun corps qui ne soit pas désagrégé par l'arc, et les savants ne sont pas fixés sur la question de savoir si l'arc pourrait se produire dans l'air sans que les particules fussent arrachées des électrodes. Quand le courant est très faible et l'arc très long, je crois qu'une quantité considérable d'énergie est absorbée dans la désagrégation des électrodes qui, par ce fait, peuvent rester froides.

Le milieu idéal pour la décharge ne devrait que se rompre et l'électrode idéale serait formée d'une substance qui ne puisse être désagrégée. Avec de faibles courants, le mieux est d'employer l'aluminium, mais non avec des courants intenses. La disruption de l'air, et plus ou moins de tout milieu ordinaire, est de la nature d'une brisure, mais elle est plutôt comparable au percement d'innombrables boulets à travers une masse offrant une grande résistance au mouvement des boulets, impliquant une perte d'énergie considérable.

Un milieu qui ne ferait que se fendre sous l'effort électrostatique — et ce pourrait être le cas du vide parfait, c'est-à-dire de l'éther pur — donnerait lieu à une très faible perte d'énergie, assez faible pour être entièrement négligeable, au moins théoriquement, parce qu'une fente peut être produite par un déplacement infiniment petit. En épuisant avec le plus grand soin une ampoule oblongue pourvue de deux électrodes en aluminium, j'ai réussi à produire un vide tel que la décharge secondaire d'une bobine à décharge disruptive traversait disruptivement l'ampoule sous la forme de minces filets d'étincelles. Le point curieux était que la décharge ignorait complètement les électrodes et commençait loin derrière les deux plaques d'aluminium qui servaient d'électrodes. Ce vide extraordinairement élevé ne pouvait être maintenu que pendant un temps très court.

Pour en revenir au milieu idéal, imaginez un morceau de verre ou d'une substance analogue pris dans un étau que l'on serre de plus en plus.

A un certain point, la moindre augmentation de pression fera craquer le verre. L'énergie dépensée dans l'action de fendre le verre peut être pratiquement nulle, car, quoique la force soit grande, le déplacement peut n'être qu'extrêmement petit. Maintenant supposez que le verre ait la propriété de refermer parfaitement la fente sous l'effet d'une petite diminution de pression. C'est de cette façon que le diélectrique devrait se comporter sous la décharge. Dans l'exemple précédent la compacité parfaite du verre signifie que le diélectrique possède un grand pouvoir isolant ; le verre fendu signifierait que le milieu entre les pointes de décharge est un bon conducteur.

Le diélectrique devrait varier énormément de résistance sous l'effet de variation du potentiel de la décharge. Cette condition est réalisée, mais d'une manière tout à fait imparfaite, par l'échauffement de la couche d'air jusqu'à une certaine température critique, dépendant du potentiel, ou en affaiblissant par un autre moyen le pouvoir isolant de l'air. En fait, l'air n'est jamais percé *disruptivement*, si l'on prend ce terme dans sa signification propre, car l'afflux brusque du courant est toujours précédé par un courant faible, qui augmente d'abord graduellement et ensuite avec une brusquerie relative. C'est là la raison du changement plus rapide qui se produit quand le verre est percé que dans le cas d'une couche d'air d'égale résistance diélectrique.

Comme milieu pour la décharge, un solide, ou même un liquide, serait donc préférable. Il est quelque peu difficile de concevoir qu'un corps solide puisse avoir la propriété de refermer instantanément une brèche qui vient d'y être produite. Mais un liquide, surtout sous une forte pression, se comporte pratiquement comme un solide, tandis qu'il possède la propriété de refermer la fente. On a donc pensé qu'un isolant liquide conviendrait mieux comme diélectrique que l'air. Suivant cette idée, un certain nombre de formes d'excitateurs avec divers isolants de ce genre, quelquefois sous haute pression, ont été expérimentés. Il sera suffisant de dire quelques mots sur l'un d'eux, l'excitateur représenté dans les figures 2 et 3.

Une poulie métallique creuse P (fig. 2) était fixée sur un arbre *a*, que l'on pouvait faire tourner à une vitesse considérable. A l'intérieur de

la poulie, mais sans contact avec elle, est supporté un disque mince h (dessiné épais pour plus de clarté) en ébonite, dans lequel sont fixés deux segments métalliques ss avec des prolongements métalliques ll couverts d'épais tubes ll_1 en ébonite. Le disque en ébonite h avec ses segments métalliques ss était fini au tour et sa surface était soigneusement polie de façon à offrir la plus petite résistance possible au mouvement dans un liquide. Dans la partie creuse de la poulie on versait un liquide isolant, tel qu'une huile légère, jusqu'à la hauteur de l'ouverture ménagée dans la joue f , vissée sur la poulie. Les terminaux ll étaient reliés aux armatures opposées d'une batterie de condensateurs de façon que la décharge se produisit dans le liquide.

La rotation de la poulie projetait le liquide contre la jante de la poulie et il en résulte une pression considérable du fluide. De cette façon

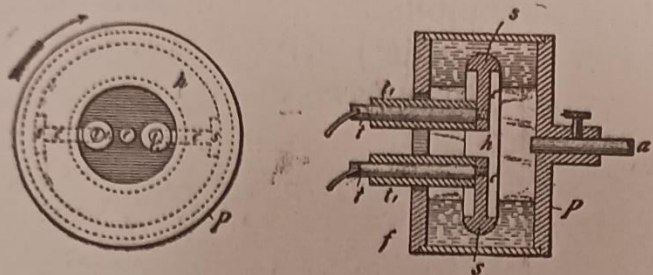


Fig. 2 et 3. — Excitateur à interrupteur liquide.

simple l'espace de décharge était occupé par un milieu se comportant pratiquement comme un solide, possédant la propriété de se refermer instantanément après une rupture de la couche, et qui de plus circulait entre les électrodes avec une vitesse considérable.

Des effets très puissants ont été produits à l'aide d'excitateurs de ce genre avec interrupteurs liquides. On trouva, comme on s'y attendait, qu'on pouvait obtenir de cette façon une longueur d'étincelle plus grande pour une longueur donnée de fil qu'en employant l'air comme interrupteur. Généralement la vitesse, et par suite la pression du fluide, était limitée à cause du frottement dans le liquide, mais la vitesse qu'il était possible d'atteindre pratiquement était plus que suffisante pour produire un nombre d'interruptions convenant aux circuits ordinaires. Dans quelques cas, la poulie métallique P était munie de saillies intérieures, et l'on produisait alors un nombre d'interruptions qui pou-

vait être évalué d'après la vitesse de rotation. Des expériences ont été faites également avec des liquides de différents pouvoirs isolants, dans le but de réduire la perte dans l'arc. Quand on chauffe un liquide isolant modérément on diminue la perte dans l'arc.

Un point de quelque importance a été noté dans les expériences avec des excitateurs de ce genre. On a trouvé, par exemple, que lorsque les conditions étaient favorables à la production d'une grande longueur d'étincelle, le courant ainsi obtenu n'était pas le plus avantageux pour la production d'effets lumineux. L'expérience a montré nettement que pour ces effets une variation harmonique du potentiel est préférable. Que ce soit parce qu'un solide est rendu incandescent ou phosphorescent, ou que l'énergie est transmise par l'armature du condensateur à travers le verre, il est bien certain qu'une variation harmonique du potentiel exerce une action moins destructive et que le vide se maintient plus longtemps. Cela s'expliquerait aisément s'il était établi que le phénomène qui se produit dans un récipient à air raréfié est de nature électrolytique.

Dans le diagramme figure 4, auquel il a déjà été fait allusion, sont réunis les cas que l'on rencontre le plus fréquemment dans la pratique. On a à sa disposition soit du courant continu, soit du courant alternatif provenant d'une station centrale. Il est préférable pour un expérimentateur opérant dans un laboratoire isolé d'employer une machine G pouvant donner les deux sortes de courants. En pareil cas, il est également avantageux de se servir d'une machine à circuits multipliés, car dans beaucoup d'expériences il est utile de disposer de courants à des phases différentes.

Dans la figure, D représente le circuit à courant continu, CA celui à courants alternatifs. Sur chacun d'eux sont établis trois branchements pourvus de commutateurs bipolaires sss .

Considérons d'abord la transformation des courants continus; Ia représente le cas le plus simple. Si la force électromotrice du générateur est suffisante pour produire la décharge à travers une petite distance explosive, au moins quand le diélectrique est chauffé ou rendu peu isolant par un moyen quelconque, il n'y a pas de difficulté à maintenir économiquement une vibration, par le réglage de la capacité, de la

venient dans un liquide. Dans la partie creuse de la poulie on versait un liquide isolant, tel qu'une huile légère, jusqu'à la hauteur de l'ouverture ménagée dans la joue *f*, vissée sur la poulie. Les terminaux *tt* étaient reliés aux armatures opposées d'une batterie de condensateurs de façon que la décharge se produisit dans le liquide.

La rotation de la poulie projetait le liquide contre la jante de la poulie et il en résulte une pression considérable du fluide. De cette façon

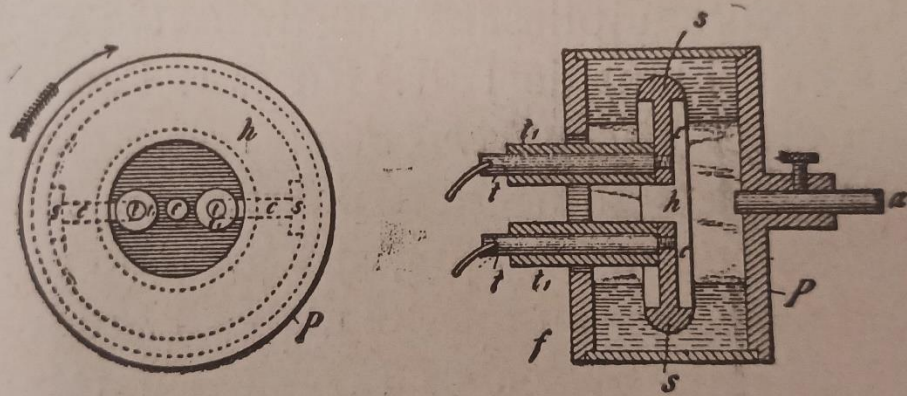


Fig. 2 et 3. — Excitateur à interrupteur liquide.

simple l'espace de décharge était occupé par un milieu se comportant pratiquement comme un solide, possédant la propriété de se refermer instantanément après une rupture de la couche,

les conditions d'une grande ainsi obtenu la production montré nettement harmonique. Que ce soit par descent ou par transmission par vers le verre harmonique moins destruction plus longue s'il était établi dans un récipient électrolytique.

Dans le d'été fait allusion rencontre le. On a à sa disposition du courant central rimentateur d'employer deux sortes

self-induction et de la résistance du circuit L , contenant les dispositifs llm . L'aimant NS peut être employé avec avantage dans ce cas. L'excitateur dd avec l'aimant peut être placé en série ou en dérivation, comme il est indiqué sur la figure. Le circuit Ia avec ses connexions et les divers dispositifs est supposé posséder les dimensions voulues pour l'entretien des vibrations.

Ordinairement la force électromotrice disponible sera d'une centaine de volts et ne suffira

pas à produire la décharge. Beaucoup de moyens peuvent y remédier en élevant la différence de potentiel. Le plus simple est d'insérer une grande bobine à self-induction en série avec le circuit L . Quand l'arc est établi par un excitateur comme celui de la figure 1, l'aimant le souffle aussitôt. L'extra-courant de rupture étant de grande force électromotrice saute d'une électrode à l'autre, et une colonne de faible résistance s'offrant au courant de la dynamo, celui-ci afflue brusquement lorsque l'extra-courant

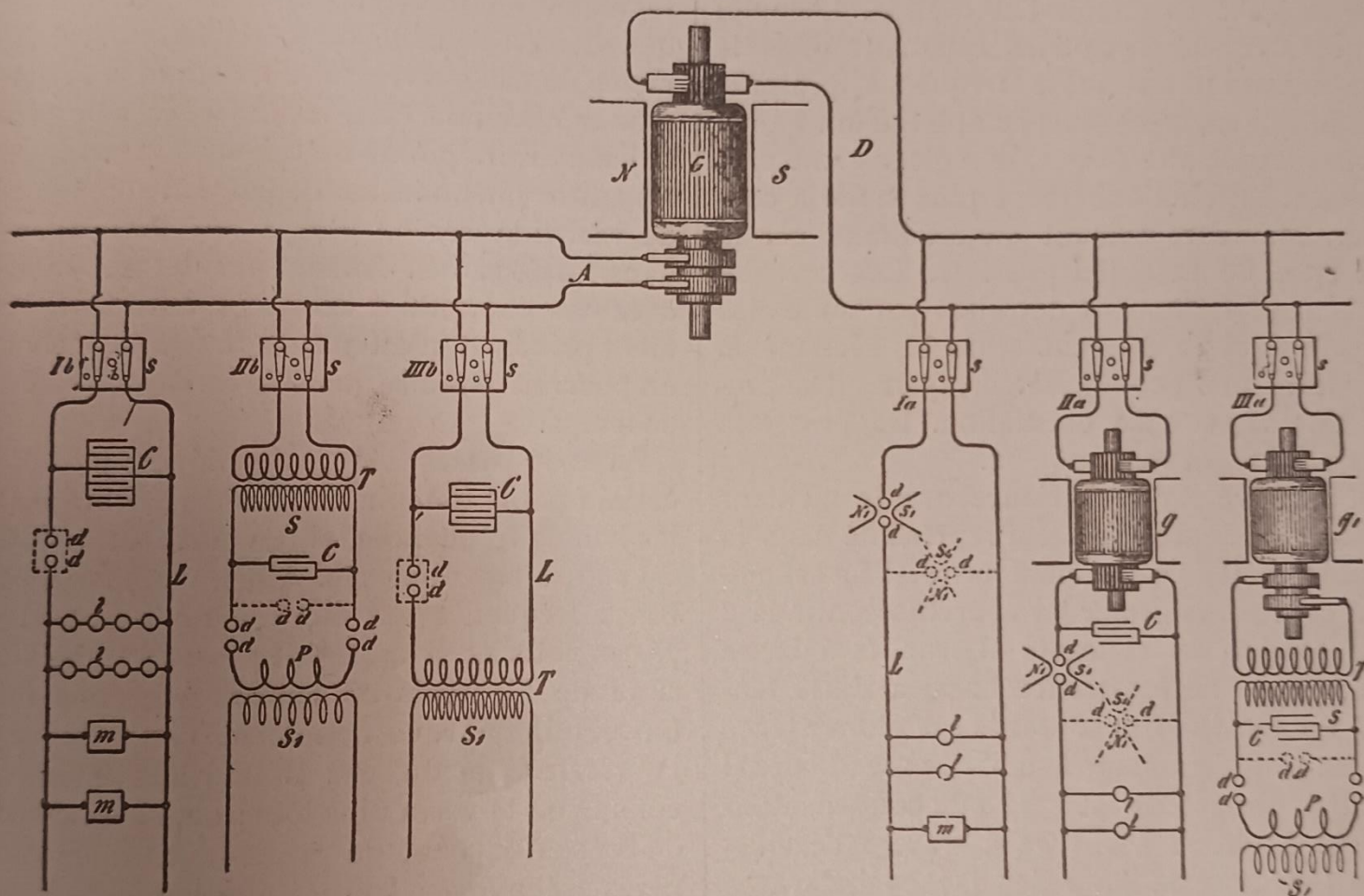


Fig. 4. — Diagramme des connexions pour la transformation à l'aide de la décharge en arc disruptif.

diminue ou cesse. Ces effets se répètent en succession rapide, et de cette façon j'ai entretenu l'oscillation avec 50 volts seulement, ou même moins, entre les électrodes.

Mais ce procédé de transformation ne se recommande pas à cause des courants de décharge trop intenses et de l'échauffement subséquent des électrodes; d'autre part, les fréquences ainsi obtenues sont faibles, par suite de la grande self-induction nécessairement associée avec le circuit. Il est très désirable d'avoir une force électromotrice aussi élevée que possible. La différence de potentiel dans cette oscillation

électrique est, naturellement, l'équivalent de la force de tension dans la vibration du ressort. Pour obtenir des vibrations très rapides dans un circuit de quelque inertie une grande force de tension ou différence de potentiel est nécessaire. Le condensateur employé avec le circuit peut avoir une faible capacité, avec une grande force électromotrice, et l'on gagnera bien d'autres avantages.

Dans le but d'élever la force électromotrice à une valeur beaucoup plus considérable que celle que donnent les circuits de distribution ordinaire, on se sert d'un transformateur rotatif g ,

ou en figure. Le circuit I a avec ses connexions et les divers dispositifs est supposé posséder les dimensions voulues pour l'entretien des vibrations.

Ordinairement la force électromotrice disponible sera d'une centaine de volts et ne suffira

pour produire l'arc comme celui de la figure 1, l'aimant le souffle aussitôt. L'extra-courant de rupture étant de grande force électromotrice saute d'une électrode à l'autre, et une colonne de faible résistance s'offrant au courant de la dynamo, celui-ci afflue brusquement lorsque l'extra-courant

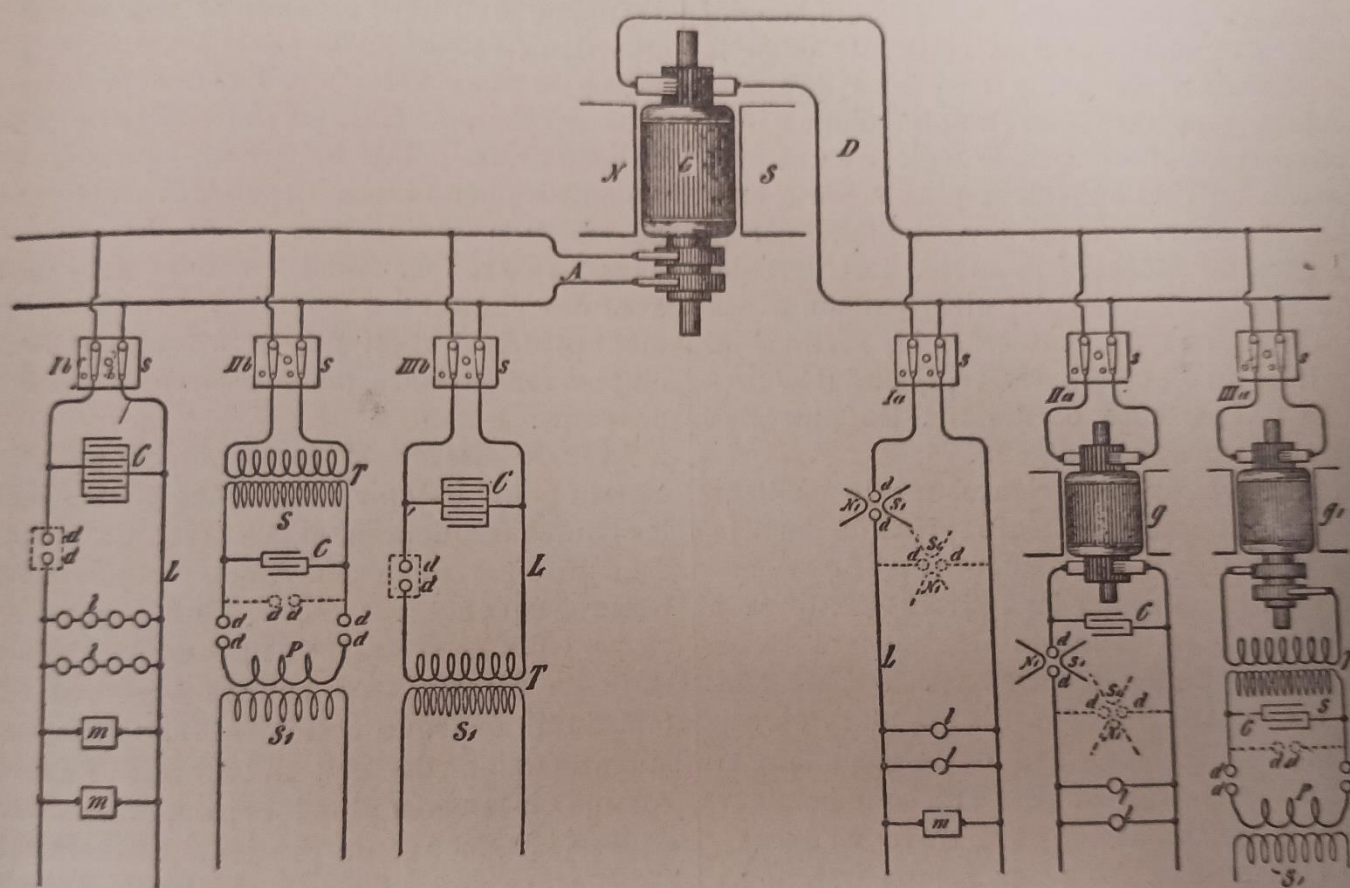


Fig. 4. — Diagramme des connexions pour la transformation à l'aide de la décharge en arc disruptif.

diminue ou cesse. Ces effets se répètent en succession rapide, et de cette façon j'ai entretenu l'oscillation avec 50 volts seulement, ou même moins, entre les électrodes.

Mais ce procédé de transformation ne se re-

électrique est, naturellement, l'équivalent de la force de tension dans la vibration du ressort. Pour obtenir des vibrations très rapides dans un circuit de quelque inertie une grande force de tension ou différence de potentiel est néces-

indiqué dans la branche II *a* du diagramme, ou bien on actionne une machine à haute tension à l'aide d'un moteur alimenté par le générateur G. Les connexions avec l'enroulement à haute tension sont disposées comme dans la branche I *a*, à cette exception près qu'un condensateur réglable C est relié au circuit à haute tension. Ordinairement, une bobine de self-induction est placée en série dans le circuit.

Lorsque la tension des courants est très élevée l'aimant peut être assez faible, car il est alors facile de régler les dimensions du circuit de manière à entretenir l'oscillation. L'emploi d'une force électromotrice constante dans la transformation en haute fréquence présente quelques avantages sur l'emploi d'une force électromotrice alternative, le réglage étant plus simple et le fonctionnement plus facile à contrôler. Malheureusement on est limité par la différence de potentiel possible. Les enroulements sont facilement détruits par suite des étincelles qui se forment entre les sections de l'armature ou du commutateur, quand il se produit une vigoureuse oscillation. De plus, ces transformateurs sont coûteux.

On a trouvé par l'expérience que le meilleur dispositif à adopter est celui représenté dans la partie III *a*. Un transformateur rotatif *g* est employé pour transformer les courants continus à basse tension en courants alternatifs à basse fréquence, et de préférence aussi à basse tension. La tension des courants est alors élevée dans un transformateur fixe T. Le secondaire S de ce transformateur est relié à un condensateur réglable C, qui se décharge à travers l'excitateur *dd*, disposé de l'une des façons indiquées dans le primaire P d'une bobine à décharge disruptive. Les courants de haute fréquence sont fournis par le secondaire S de cette bobine.

Les trois branches du circuit A représentent les cas ordinaires de la pratique quand on transforme des courants alternatifs. Dans la figure I *b*, un condensateur C, généralement de grande capacité, est relié au circuit L contenant les dispositifs II, *mm*. Les appareils *mm* sont supposés de forte self-induction, de sorte que la fréquence du circuit se rapproche plus ou moins de celle de la dynamo. Dans cet exemple, l'excitateur *dd* devrait avoir un nombre d'interruptions par seconde égal à deux fois la fréquence de la dynamo.

Il faut observer, en se reportant à I *b*, que l'élévation du potentiel est également effectuée lorsqu'on supprime l'excitateur *dd*. Mais les effets produits par des courants qui s'élèvent instantanément à des intensités élevées, comme dans la décharge disruptive, sont entièrement différents de ceux produits par des courants de dynamo variant harmoniquement. Ainsi, par exemple, on peut avoir dans un cas donné un nombre d'interruptions et de rétablissements exactement égal au double de la fréquence de la dynamo, ou, en d'autres termes, il peut y avoir le même nombre d'oscillations fondamentales que dans l'absence de l'excitateur, et il peut même ne pas y avoir une vibration superposée plus rapide; pourtant, les différences de potentiel aux divers points du circuit, l'impédance et les autres phénomènes dépendent de la vitesse de variation seront tout à fait dissemblables dans les deux cas. Ainsi, dans les expériences avec des courants à décharge disruptive, l'élément principal n'est pas la fréquence, comme on pourrait le croire, mais la variation par unité de temps.

Avec de basses fréquences on peut jusqu'à un certain point obtenir les mêmes effets qu'avec les hautes fréquences, si la vitesse de variation est suffisamment élevée. Ainsi, si un courant de basse fréquence est élevé à un potentiel de 75,000 volts et si on le fait passer à travers une série de filaments de lampes à grande résistance, on remarque nettement l'importance de la raréfaction du gaz autour des filaments, comme on le verra plus loin; ou, si un courant de basse fréquence de plusieurs milliers d'am-pères est envoyé à travers une barre de métal, on observe de remarquables phénomènes d'impédance, exactement comme avec des courants à haute fréquence. Mais, il est évident qu'avec des basses fréquences il est impossible d'obtenir des vitesses de variation aussi grandes qu'avec les hautes fréquences, et les effets de ces dernières sont prépondérants. Le terme fréquence ne signifie pas grand chose, excepté quand il s'agit d'oscillations harmoniques parfaites.

Dans la branche III *b* est représentée une disposition analogue à I *b*, avec la différence que les courants de décharge à travers *dd* servent à induire des courants dans le secondaire S d'un transformateur T. Dans ce cas, le secondaire devrait être pourvu d'un condensateur réglable

pour le mettre en résonance avec le primaire.

La figure II *b* représente un dispositif de transformation de courants alternatifs très employé. Il en a été parlé à d'autres occasions et nous n'insisterons pas.

Quelques résultats ont été obtenus avec un alternateur à haute fréquence. On trouvera une description de cette machine dans mon mémoire original communiqué à l'American Institute of Electrical Engineers.

J'arrive maintenant aux expériences.

Phénomènes produits par la force électrostatique.

La première catégorie d'effets que je me propose de montrer sont ceux produits par la force électrostatique. C'est la force qui gouverne le mouvement des atomes qui les fait se choquer et développe l'énergie de la chaleur et de la lumière, et qui les oblige à se grouper en combinaisons infiniment variées, selon les fantaisies de la nature, et à former toutes les curieuses structures que nous observons autour de nous ; c'est, en fait, si nos vues actuelles sont exactes, la force la plus importante que nous puissions considérer dans la nature.

Comme le terme *électrostatique* pourrait impliquer une condition électrique constante, il faut remarquer que dans ces expériences la force n'est pas constante, mais varie à une allure qui peut être considérée comme modérée, environ un million de fois par seconde. Cela me permet de produire beaucoup d'effets qu'il est impossible d'obtenir avec une force invariable.

Quand deux corps conducteurs sont isolés et électrisés, nous disons qu'une force électrostatique s'exerce entre eux. Cette force se manifeste par des attractions, des répulsions et des tensions dans les corps et dans l'espace ou le milieu extérieur. Tel peut être l'effort exercé dans l'air, ou dans ce qui sépare les deux corps, que le milieu peut être percé et que nous observons des étincelles ou des faisceaux de lumière, autrement dit, des flammes, comme on les désigne. Ces flammes se forment abondamment lorsque la force à travers l'air varie rapidement.

Je démontrerai cette action de la force électrostatique dans une nouvelle expérience en employant la bobine d'induction dont j'ai parlé. La bobine est contenue dans une auge remplie d'huile et se trouve sous la table. Les deux ex-

trémités du fil secondaire passent dans les colonnes en ébonite qui s'élèvent au-dessus de la table. Il est nécessaire d'isoler ces fils à leurs extrémités avec une épaisse couche d'ébonite, parce que même le bois sec est un trop mauvais isolant pour ces courants d'énorme différence de potentiel.

Sur l'une des bornes de la bobine, j'ai placé une grande sphère creuse en laiton, reliée à une grande plaque isolée. Je fais maintenant fonctionner la bobine et j'approche de la borne libre un objet métallique que je tiens dans la main simplement pour éviter les brûlures. Comme j'approche l'objet métallique à une distance de vingt à vingt-cinq centimètres, un torrent d'étincelles se précipite de l'extrémité du fil secondaire qui passe dans la colonne d'ébonite. Les étincelles cessent quand le métal que je tiens à la main touche le fil. Mon bras est maintenant traversé par un courant électrique puissant, vibrant avec une fréquence d'environ un million de fois par seconde. Tout autour de moi la force électrostatique se fait sentir, et les molécules d'air et des particules de poussière sont soumises à son influence et bombardent violemment mon corps. Si grande est l'agitation des poussières que dans l'obscurité on peut voir de faibles lueurs sur quelques parties de mon corps.

Quand une flamme de ce genre se fait jour sur une partie quelconque du corps, elle produit une sensation comme de piqûres d'aiguille. Si les potentiels étaient suffisamment élevés et si la fréquence de vibration était plus basse, la peau serait probablement percée sous cet effort et le sang jaillirait avec force sous la forme d'un jet si mince qu'il serait invisible, tout comme le fait de l'huile placée sur le pôle positif d'une machine de Holtz. Quoique cette rupture de la peau puisse sembler impossible à première vue, elle se produit peut-être parce que les tissus sous l'épiderme sont de bons conducteurs. Cela semble au moins plausible d'après certaines observations.

Je puis rendre ces flammes visibles à tous en touchant avec l'objet métallique une des bornes, comme précédemment, et en approchant ma main libre de la sphère, qui est reliée à l'autre borne de la bobine. A mesure que la main s'approche, l'air entre elle et la sphère est de plus en plus violemment agité et l'on voit des traînées lumineuses s'échapper du bout de mes

doigts et de la main entière (fig. 5). Si j'approchais la main encore plus, de puissantes étincelles sauteraient de la sphère à la main, et pourraient être dangereuses. Les flammes ne présentent pas d'inconvénient, si ce n'est qu'au bout des doigts il se produit une sensation de brûlure. Il ne faut pas les confondre avec celles produites par une machine à influence, dont elles diffèrent sous plusieurs rapports. J'ai attaché la sphère et la plaque à l'une des bornes afin d'éviter la formation de flammes visibles sur cette borne et pour empêcher que des étincelles jaillissent à des distances considérables. D'autre part, cette combinaison est favorable au fonctionnement de la bobine.

Les flammes qui ont émané de ma main sont dues à un potentiel d'environ 200 000 volts, alternant à des intervalles réguliers, quelque chose comme un million de fois par seconde. Une vibra-

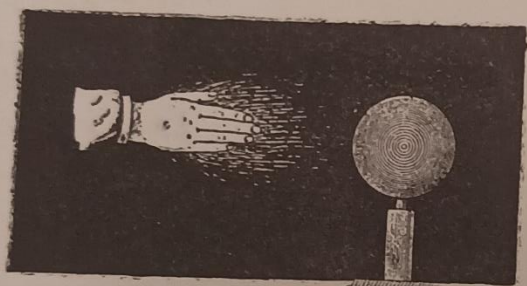


Fig. 5. — Effet d'une force électrostatique variable produite par un transformateur de 200 000 volts.

tion de la même amplitude, mais quatre fois aussi rapide, nécessitant, pour être entretenue, plus de 3 000 000 de volts, serait plus que suffisante pour envelopper mon corps dans un manteau ininterrompu de flamme. Mais cette flamme ne me brûlerait pas, bien au contraire, il est probable qu'elle ne m'incommoderait en aucune façon. Pourtant la centième partie de cette énergie, dirigée autrement, suffirait amplement à tuer une personne.

La quantité d'énergie qui peut ainsi traverser le corps d'une personne dépend de la fréquence et du potentiel des courants ; avec ces deux éléments très grands, une quantité considérable d'énergie peut traverser le corps humain sans causer aucune douleur, sauf pour le bras qui est traversé par un vrai courant de conduction. La raison qui fait qu'aucune douleur n'est ressentie ni aucun accident fâcheux provoqué, c'est que partout la direction du courant est normale à la surface, de sorte que le corps de l'expérimentateur

offre une section énorme au courant, ce qui réduit notablement la densité de celui-ci, sauf peut-être dans le bras, où la densité peut être considérable.

Mais si une petite fraction seulement de cette énergie était appliquée de telle manière qu'un courant traversât le corps à la façon d'un courant de basse fréquence, elle donnerait lieu à un choc qui pourrait être fatal. Un courant continu ou un courant alternatif à faible fréquence est fatal, je crois, principalement parce que sa distribution à travers le corps n'est pas uniforme, car il doit se diviser lui-même en petits courants de grande densité qui peuvent atteindre gravement quelque organe vital. Je n'ai pas le moindre doute à cet égard. Le courant continu tue plus sûrement, mais le courant alternatif à basse fréquence est le plus pénible dans ses effets.

L'expression de ces idées, qui sont le résultat d'expériences et d'observations longtemps poursuivies, sur les courants constants comme sur courants variables est justifiée par l'intérêt que présente actuellement ce sujet et par les idées énoncées, qui sont journellement exposées dans les journaux.

Je puis démontrer un effet de la force électrostatique par une autre expérience frappante, mais auparavant je dois appeler votre attention sur quelques faits. J'ai dit que lorsque le milieu entre deux corps électrisés en sens opposés est soumis à un effort dépassant une certaine limite, ce milieu cède et, en langage populaire, les charges électriques opposées s'unissent et se neutralisent. Cette rupture du milieu a lieu principalement lorsque la force agissant entre les corps est constante ou varie à une fréquence modérée. Si la variation était suffisamment rapide, cet effet de destruction ne se produirait pas, quelque grande que fût la force, parce que toute l'énergie serait dépensée en rayonnement, en convection et en actions mécaniques et chimiques. Ainsi la longueur de l'étincelle (distance explosive), ou la plus grande distance à travers laquelle une étincelle saute d'un corps à l'autre est d'autant plus petite que la variation est plus rapide. Mais cette règle ne peut être considérée comme vraie que d'une façon générale, quand on compare des fréquences très différentes.

N. TESLA.

(A suivre).

brûlure. Il ne faut pas les confondre avec celles produites par une machine à influence, dont elles diffèrent sous plusieurs rapports. J'ai attaché la sphère et la plaque à l'une des bornes afin d'éviter la formation de flammes visibles sur cette borne et pour empêcher que des étincelles jaillissent à des distances considérables. D'autre part, cette combinaison est favorable au fonctionnement de la bobine.

Les flammes qui ont émané de ma main sont dues à un potentiel d'environ 200 000 volts, alternant à des intervalles réguliers, quelque chose comme un million de fois par seconde. Une vibra-

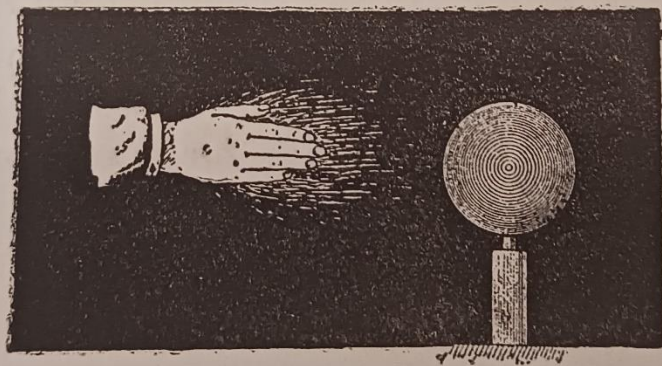


Fig. 5. — Effet d'une force électrostatique variable produite par un transformateur de 200 000 volts.

tion de la même amplitude, mais quatre fois aussi rapide, nécessitant, pour être entretenue, plus de 3 000 000 de volts, serait plus que suffisante pour envelopper mon corps dans un manteau

rant de basse fréquence choc qui pourrait être fatal, je crois, principal tribution à travers le car il doit se diviser lui de grande densité qui ment quelque organe v doute à cet égard. Le sûrement, mais le cou quence est le plus pér

L'expression de ces d'expériences et d'obs suivies, sur les coura courants variables es présente actuellement énoncées, qui sont jo les journaux.

Je puis démontrer statique par une a mais auparavant je sur quelques faits. J entre deux corps éle soumis à un effort d ce milieu cède et, charges électriques neutralisent. Cette principalement lors

mesurer polarise même très faiblement, car la force électromotrice sera moindre avec le shunt que sans shunt, tandis que la formule employée suppose cette force électromotrice constante.

Employons pour l'essai précédent le montage que représente la figure 3, comprenant une clef avec un levier mobile C venant en contact *simultanément* avec les deux pièces B et A; cela a pour effet d'introduire le shunt et de couper r simultanément, de sorte que si r est réglé et s'il n'y a pas de polarisation, la déviation du galvanomètre G ne change pas. Si r est trop grand, la déviation augmente quand on appuie sur la clef C; dans le cas contraire la déviation diminue.

Supposons, maintenant, que nous essayons une pile qui polarise; la clef étant fermée, la pile fournit plus de courant, et sa force électromotrice tombe, de sorte que la déviation diminue. Toute chute de la déviation est due à l'une des causes suivantes :

- 1° r trop petit;
- 2° Polarisation.

Le moindre accroissement de la déviation après l'établissement des contacts, même lorsqu'il est immédiatement suivi par une diminution, ne peut être dû qu'à ce que r est trop grand.

On commence donc par régler r de façon qu'en appuyant sur la clef on obtienne le mouvement de croissance de la déviation; ce mouvement sera immédiatement suivi d'une décroissance due à la polarisation. Puis on réduit r graduellement jusqu'à ce qu'il ne se produise plus d'augmentation, mais qu'il suffise d'augmenter r très légèrement pour faire réapparaître le mouvement ascendant de la déviation. Quand on a atteint ce point exactement, la valeur de r qui y correspond est celle dont on doit faire usage dans la formule. De cette manière l'effet de la polarisation est complètement éliminé, quelque considérable qu'il soit.

Les meilleures conditions pour cette expérience sont de rendre r grand et par suite S petit, mais non assez petit pour que la pile s'épuise trop vite. Le mieux est de faire S un peu plus grand que p .

La meilleure méthode et la plus précise pour la mesure de la résistance intérieure des piles est probablement celle de Mance. On élimine la polarisation comme on le fait dans l'expérience

précédente, sur laquelle cette méthode présente l'avantage de ne pas exiger une clef de forme spéciale.

VARIÉTÉS

SUR LES PHÉNOMÈNES DE VIBRATION A HAUTE FRÉQUENCE (*)

Une expérience servira à démontrer la différence entre les effets produits par une force variant rapidement et une force constante ou à variation modérément rapide. J'ai là deux grands disques de laiton *pp* (fig. 1 et 2), fixés sur des supports isolants mobiles sur la table, reliés aux extrémités du secondaire d'une bobine semblable à celle qui a été employée précédemment. J'éloigne les disques l'un de l'autre de vingt-cinq ou trente centimètres et je mets la bobine en fonctionnement.

On voit tout l'espace compris entre les deux disques rempli d'une lumière uniforme (fig. 1). Cette lumière est due aux flammes que l'on a pu voir dans la première expérience et qui sont maintenant plus intenses.

J'ai déjà indiqué l'importance de ces flammes dans les appareils industriels et leur importance plus grande encore dans quelques investigations scientifiques. Souvent elles sont trop faibles pour être visibles, mais elles existent toujours, consommant de l'énergie et modifiant l'action de l'appareil. Lorsqu'elles sont intenses, comme en ce moment, elles produisent de l'ozone en grande quantité, et également, comme l'a établi le professeur Crookes, de l'acide azoteux. L'action chimique est si rapide que lorsqu'une bobine comme celle-ci fonctionne longtemps, elle rend l'atmosphère d'une petite pièce insupportable, car les yeux et les habits sont attaqués. Mais produites modérément, les flammes rafraîchissent l'atmosphère très agréablement, comme le fait un orage, et exercent incontestablement un effet salutaire.

Dans cette expérience, la force agissant entre les disques change d'intensité et de direction avec une très grande vitesse. Je vais maintenant

(*) *La Lumière Électrique*, 5 août 1893, p. 238.

diminuer de beaucoup cette vitesse de variation. C'est ce que j'effectue en rendant moins fréquentes les décharges à travers le primaire de la bobine d'induction et en diminuant également la vitesse de vibration du secondaire.

Le premier résultat est atteint aisément en diminuant la tension à travers l'intervalle d'air du circuit primaire; le second effet est obtenu en rapprochant les deux disques l'un de l'autre jusqu'à huit ou dix centimètres. Lorsque la bobine est mise en fonction, on ne voit pas de flammes ou de lumière entre les deux disques, et pourtant le milieu est soumis à des efforts de tension considérables. J'augmente encore plus cette tension en élevant la force électromotrice dans le circuit primaire, et bientôt on voit céder l'air, et la salle est éclairée par une pluie d'étincelles éclatantes et brillantes (fig. 2). Ces étincelles peuvent être produites également avec une force invariable; elles ont été depuis de longues années un phénomène familier, quoi-

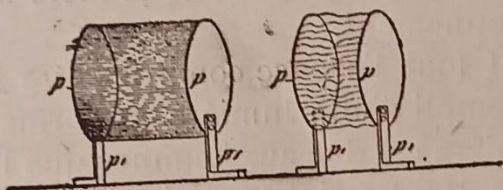


Fig. 1 et 2. — Effets de la force électrostatique variable et constante.

qu'on les obtint généralement à l'aide d'appareils tout à fait différents de ceux-ci.

En décrivant ces deux phénomènes si radicalement différents en apparence, c'est intentionnellement que j'ai parlé d'une « force » agissant entre les deux plaques. Il serait plus conforme au langage consacré de dire qu'une « différence de potentiel alternative » agit entre les deux plaques. Ce terme est parfaitement approprié et applicable dans tous les cas où il ne peut y avoir de doute relatif à l'inter-dépendance de l'état électrique des plaques et de l'action électrique dans leur voisinage. Mais lorsque les plaques sont séparées par une distance infinie, ou même si, pour une distance finie, il n'est pas nécessaire d'admettre cette dépendance, je préfère me servir du terme « force électrostatique », et dire que cette force agit autour de chaque plaque ou de tout corps isolé électrisé, en général. Cette expression n'est pas sans inconvénient parce qu'elle implique la notion d'un état électrique invariable; mais cette difficulté sera

résolue par une nomenclature mieux appropriée.

Je reviens maintenant à l'expérience dont il a été question plus haut et par laquelle je me propose de montrer un effet curieux produit par une force électrostatique variant rapidement. J'attache à l'extrémité du fil l (fig. 3), qui est en relation avec une des bornes du secondaire de la bobine d'induction, un globe à air raréfié b . Ce globe contient un filament de charbon mince f , fixé à un fil de platine w soudé dans le verre. L'air peut être raréfié à un degré quelconque avec les appareils ordinaires. Un instant auparavant on observe une décharge entre les disques de laiton. On sait qu'une plaque de verre ou de toute autre matière isolante aurait été percée. Si j'avais placé une enveloppe métallique à l'extérieur du globe, et si cette armature était reliée

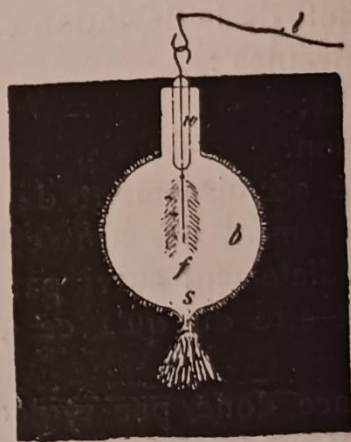


Fig. 3. — Rupture d'une ampoule à circuit ouvert.

à l'autre borne de la bobine, on s'attendrait donc à voir percer le verre. Même sans que l'armature soit reliée à l'autre borne, mais simplement à une plaque isolée, on doit s'attendre à une rupture du verre.

Mais on sera certainement surpris d'observer que sous l'action de la force électrostatique variable, le verre cède lorsque tous les autres corps sont éloignés du globe. En effet, tous les corps environnants pourraient être éloignés à l'infini sans affecter le moins du monde le résultat. Dès que la bobine est mise en marche, le verre est invariablement percé au point de soudure, et le genre ne se perd rapidement. Une rupture de ce genre ne se produirait pas avec une force constante, même beaucoup plus élevée.

La rupture est due à l'agitation des molécules du gaz à l'intérieur et à l'extérieur du globe. Cette agitation, qui est généralement de la plus

bine est mise en fonction, on ne voit pas de flammes ou de lumière entre les deux disques, et pourtant le milieu est soumis à des efforts de tension considérables. J'augmente encore plus cette tension en élevant la force électromotrice dans le circuit primaire, et bientôt on voit céder l'air, et la salle est éclairée par une pluie d'étincelles éclatantes et brillantes (fig. 2). Ces étincelles peuvent être produites également avec une force invariable; elles ont été depuis de longues années un phénomène familier, quoi-

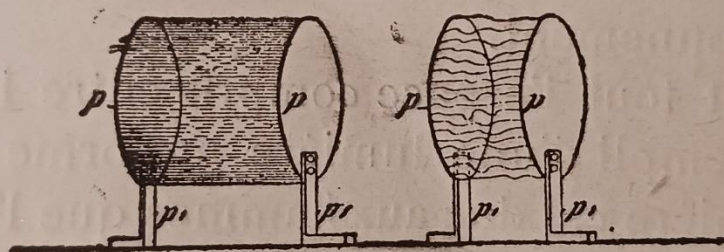


Fig. 1 et 2. — Effets de la force électrostatique variable et constante.

qu'on les obtint généralement à l'aide d'appareils tout à fait différents de ceux-ci.

En décrivant ces deux phénomènes si radicalement différents en apparence, c'est intentionnellement que j'ai parlé d'une « force » agissant

globe contient un fixé à un fil de L'air peut être avec les appareil ravant on observ de laiton. On sai toute autre mat Si j'avais placé u térieur du globe

Fig. 3. — Rupt

à l'autre borne à voir percer le

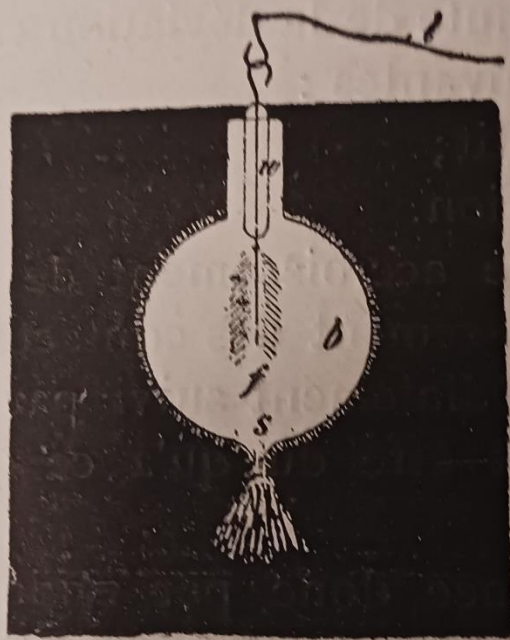
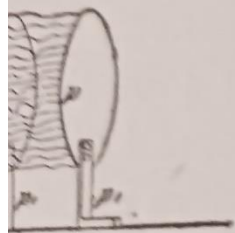


Fig. 3. — Rupture d'une ampoule à circuit ouvert.

à l'autre borne de la bobine, on s'attendrait donc à voir percer le verre. Même sans que l'armature soit reliée à l'autre borne, mais simplement à

entre les deux disques, soumis à des efforts de augmente encore plus a force électromotrice t bientôt on voit céder e par une pluie d'étin- tes (fig. 2). Ces étin- nites également avec s ont été depuis de mène familier, quoi-



force électrostatique stante.

ent à l'aide d'appareils de ceux-ci.

énomènes si radica- nce, c'est intention- ne « force » agissant trait plus conforme qu'une « différen-

L'air peut avec les appareils ordinaires. Un instant aupa- ravant on observe une décharge entre les disques de laiton. On sait qu'une plaque de verre ou de toute autre matière isolante aurait été percée. Si j'avais placé une enveloppe métallique à l'ex- térieur du globe, et si cette armature était reliée

l'air sist cap cati ce c agi — sé pr ci d' au re

grande violence dans l'étroit canal près de la soudure, produit l'échauffement et le percement du verre. Cet effet ne se produirait pas, même avec une force variable, si le milieu à l'intérieur et à l'extérieur du globe était parfaitement homogène. La rupture est beaucoup plus rapide lorsque la pointe de l'ampoule est étirée en une fibre fine. Dans les ampoules devant être employées avec ces bobines on doit donc éviter la présence dans le verre de canaux étroits et effilés.

Lorsqu'un corps conducteur est immergé dans l'air, ou dans un milieu isolant semblable, consistant en, ou contenant des particules mobiles capables d'être électrisées, et lorsque l'électrification du corps subit des variations rapides — ce qui équivaut à dire que la force électrostatique agissant dans l'espace ambiant varie d'intensité, — les petites particules sont attirées et repoussées, et leurs heurts violents contre le corps produisent un déplacement mécanique de celui-ci. Des phénomènes de ce genre sont dignes d'être notés en tant qu'ils n'ont pas été observés auparavant avec les appareils employés ordinairement.

Que l'on suspende une sphère conductrice très légère à un fil excessivement fin et qu'on la charge à un potentiel constant aussi élevé qu'on le voudra, la sphère restera immobile. Même si le potentiel varie rapidement, aucun mouvement ne s'observera sur la sphère, pourvu que les petites particules de matière, molécules ou atomes, soient uniformément distribuées. Mais si un côté de la sphère est couvert d'une épaisse couche isolante, le choc des molécules fera mouvoir la sphère, généralement le long de courbes irrégulières (fig. 4). De cette manière, une girouette en feuille métallique (fig. 5), couverte en partie de matière isolante et placée sur la borne de la bobine de façon à pouvoir tourner librement, est mise en rotation rapide.

Tous ces phénomènes et d'autres qui seront montrés plus loin sont dus à la présence d'un milieu comme l'air, et ne se produiraient pas dans un milieu continu. L'action de l'air peut être démontrée d'une manière encore plus frappante par l'expérience suivante.

Je prends un tube de verre *t* (fig. 6), d'environ 2,5 cm. de diamètre, avec un fil de platine *w* soudé à son extrémité inférieure, auquel est attaché un filament de lampe *f*. Je relie le fil à la

borne de la bobine et je fais fonctionner celle-ci. Le fil de platine est maintenant électrisé positivement et négativement en succession rapide, et le fil et l'air à l'intérieur du tube se trouvent rapidement chauffés par les chocs des particules, qui peuvent devenir assez violents pour que le filament soit porté à l'incandescence.

Mais si je verse de l'huile dans le tube, dès que le fil est couvert d'huile toute action semble cesser et on ne constate pas d'effet calorifique. La raison en est que l'huile est un milieu pratiquement continu. Les déplacements dans ce milieu sont, avec ces fréquences, incomparablement plus petits que dans l'air, par suite, le travail développé dans un tel milieu est insignifiant. Mais l'huile se comporterait bien différemment avec des fréquences beaucoup plus grandes, car quoique les déplacements soient faibles, avec des fréquences considérables une grande somme de travail peut être effectuée dans l'huile.

Les attractions et les répulsions électrostatiques entre corps de dimensions mesurables constituent le premier effet qui ait été noté de toutes les manifestations de cette force, le premier phénomène dit *électrique*. Mais bien que ces attractions et répulsions soient connues depuis plusieurs siècles, la nature précise de leur mécanisme nous échappe encore et n'a jamais été expliquée d'une façon tout à fait satisfaisante. Quelle sorte de mécanisme ce doit-il être? Nous ne pouvons retenir notre étonnement quand nous voyons deux aimants s'attirer ou se repousser l'un l'autre avec une force de centaines de kilogrammes, alors qu'en apparence il n'y a rien entre eux. Nous avons dans nos dynamos industrielles des aimants capables de soutenir en l'air des objets de plusieurs tonnes. Mais que sont ces forces agissant entre aimants, quand on les compare aux attractions et répulsions produites par la force électrostatique, à l'intensité desquelles il ne semble pas y avoir de limite? Dans les décharges de la foudre, les corps sont souvent chargés à un potentiel si élevé, qu'ils sont projetés avec une force inconcevable et brisés en fragments.

Mais ces effets eux-mêmes ne peuvent être comparés aux attractions et répulsions qui existent entre molécules ou atomes chargés et suffisant à les projeter avec des vitesses de plusieurs kilomètres à la seconde, de telle sorte que, sous

l'action de leur choc violent, les corps soient rendus incandescents et volatilisés. Il est d'un intérêt particulier pour le penseur qui scrute la nature de ces forces de noter que, tandis que les actions entre molécules individuelles ou atomes se produisent, semble-t-il, dans n'importe quelles conditions, les attractions et répulsions des corps de dimensions mesurables exigent un milieu possédant des propriétés isolantes. Ainsi quand l'air, soit par raréfaction, soit par élévation de température, est rendu plus ou moins conducteur, ces actions entre deux corps électrisés cessent pratiquement, tandis que les actions entre atomes individuels continuent à se manifester.

Une expérience servira de démonstration et

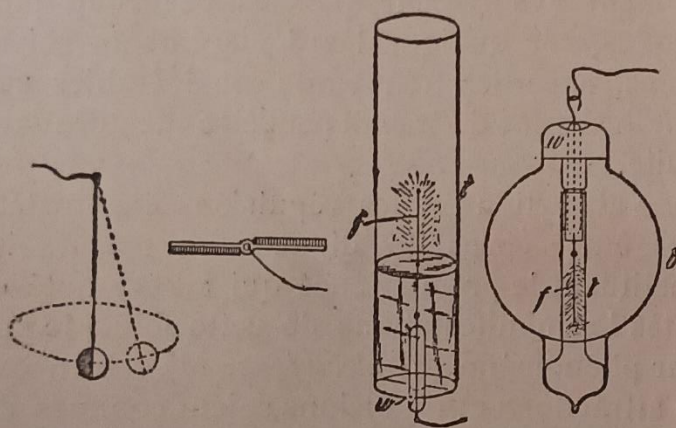


Fig. 4, 5, 6 et 7. — Mouvements mécaniques dus à la force électrostatique. Influence de l'air et de la conductibilité du milieu.

fera observer d'autres faits intéressants. Il y a quelque temps, j'ai montré qu'un filament de lampe ou un fil monté dans une ampoule et relié à une des bornes d'une bobine à haute tension se met à tourner, l'extrémité libre du filament décrivant généralement un cercle. Cette vibration est très énergique quand l'air de l'ampoule est à la pression ordinaire et devient moins énergique quand on comprime l'air. Elle cesse entièrement quand l'air est raréfié de façon à devenir relativement bon conducteur. J'ai remarqué alors qu'il n'y avait pas de mouvement dans l'air extrêmement raréfié. Mais je conjecturais que la vibration que j'attribuais à l'action électrostatique entre les parois de l'ampoule et le filament devait pouvoir se produire également dans l'air très raréfié.

Pour examiner cette particularité dans des conditions plus favorables, on a construit une ampoule comme celle représentée par la figure 7. Elle comprend un globe *b* contenant

un filament *f* monté sur un fil de platine *w*. Dans la partie inférieure du globe était scellé un tube *t* entourant le filament. La raréfaction fut poussée aussi loin que le permettait les appareils employés.

Cette ampoule se trouvait dans les conditions voulues, car le filament était mis en mouvement et devenait incandescent dès qu'on le mettait en relation avec la bobine. Elle a mis en lumière un autre fait intéressant : lorsque le filament a été maintenu à l'incandescence pendant un certain temps, le tube étroit et l'espace intérieur sont portés à une température élevée, et comme le gaz à l'intérieur du tube devient alors conducteur, l'attraction électrostatique entre le verre et le filament devient très faible ou cesse entièrement et le filament revient au repos. A ce moment, il brille d'une lumière beaucoup plus intense. Cela est dû probablement à ce que le bombardement moléculaire au centre du tube est le plus intense, et aussi en partie à ce fait que les chocs individuels sont plus violents et qu'aucune partie de l'énergie apportée du dehors n'est convertie en mouvement mécanique. Puisque, d'après les vues acceptées, dans cette expérience, l'incandescence doit être attribuée aux chocs des particules, molécules ou atomes, dans l'espace chauffé, ces particules doivent — il faut l'admettre pour expliquer leur action — se comporter comme des supports indépendants de charges électriques plongés dans un milieu isolant ; toutefois, il n'y a pas de force attractive outre le tube de verre et le filament, parce que l'intérieur du tube est conducteur.

Il est intéressant d'observer à cet égard que tandis que l'attraction entre deux corps électrisés peut cesser par suite de l'affaiblissement du pouvoir isolant du milieu dans lequel ils sont plongés, la répulsion entre les corps peut encore être observée. Ceci peut s'expliquer d'une manière plausible. Quand les corps sont placés à quelque distance dans un milieu mauvais conducteur, comme de l'air raréfié ou légèrement chauffé, et qu'on les électrise brusquement en leur donnant des charges électriques opposées, ces charges s'égalisent plus ou moins par les fuites à travers l'air. Mais quand les corps sont électrisés avec des charges de même signe, la dissipation est moins favorisée et la répulsion observée dans ces cas est plus grande que l'attraction. Les actions répulsives dans un mi-

ne possédant des propriétés isolantes. Ainsi quand l'air, soit par raréfaction, soit par élévation de température, est rendu plus ou moins conducteur, ces actions entre deux corps électrisés cessent pratiquement, tandis que les actions entre atomes individuels continuent à se manifester.

Une expérience servira de démonstration et

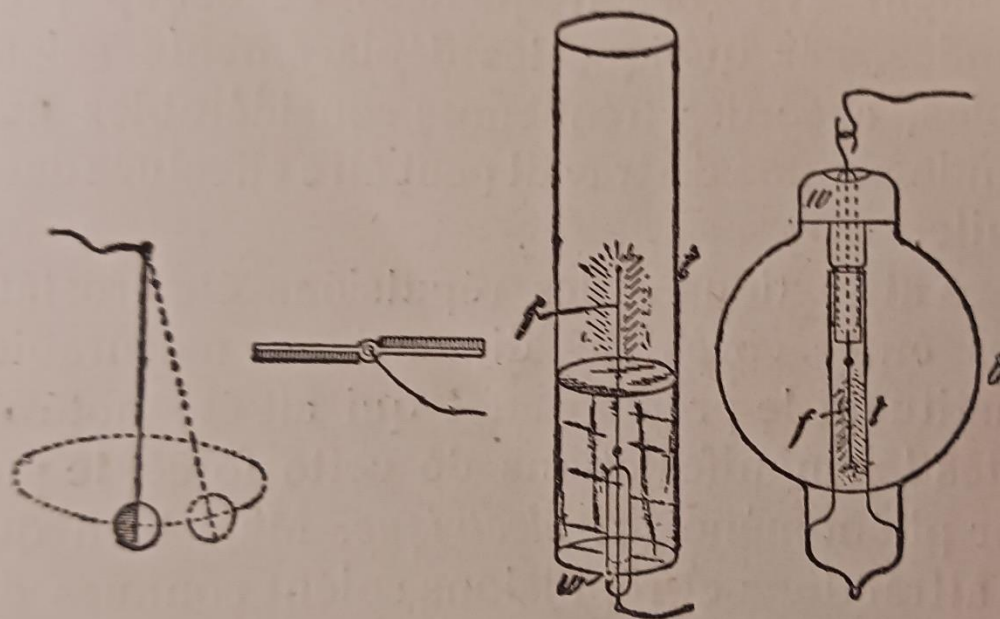


Fig. 4, 5, 6 et 7. — Mouvements mécaniques dus à la force électrostatique. Influence de l'air et de la conductibilité du milieu.

fera observer d'autres faits intéressants. Il y a quelque temps, j'ai montré qu'un filament de lampe ou un fil monté dans une ampoule et relié

en relation avec la l
un autre fait intére
été maintenu à l'in
tain temps, le tub
sont portés à une t
le gaz à l'intérieur
teur, l'attraction é
et le filament dev
tièrement et le fila
moment, il brille c
intense. Cela est c
bombardement m
est le plus intens
que les chocs ind
qu'aucune partie d
n'est convertie en
que, d'après les v
rience, l'incandes
chocs des particul
l'espace chauffé, c
l'admettre pour ex
porter comme de
charges électriqu
lant; toutefois, il
autre le tube de v

lieu gazeux sont, toutefois, comme l'a montré M. Crookes, renforcés par le bombardement moléculaire.

Phénomènes d'électricité dynamique.

Jusqu'ici j'ai considéré principalement des effets produits par une force électrostatique variable dans un milieu isolant tel que l'air. Quand une force de ce genre agit sur un corps conducteur de dimensions mesurables, elle produit à son intérieur ou à sa surface des déplacements d'électricité et donne naissance à des courants électriques, et ceux-ci produisent un autre genre de phénomènes, dont je vais m'efforcer de vous présenter quelques-uns. Je m'occuperai principalement des effets qui peuvent être produits sans circuit de retour, et j'espère susciter ainsi un intérêt plus grand en présen-

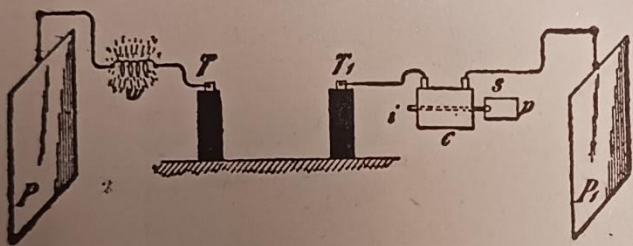


Fig. 8. — Courants en circuit ouvert.

tant ces phénomènes sous un aspect plus ou moins nouveau.

On a eu longtemps coutume, par suite de l'expérience limitée dont on disposait à l'égard des courants vibratoires, de considérer un courant électrique comme quelque chose circulant à travers des circuits conducteurs fermés. On se fût étonné d'abord qu'un courant pût circuler à travers un circuit conducteur, même si celui-ci est interrompu, et on eût été plus surpris encore d'apprendre que parfois il pouvait être plus aisé de faire circuler un courant dans ces conditions qu'à travers un circuit fermé. Mais cette vieille idée a graduellement disparu, même parmi les praticiens, et elle sera bientôt entièrement oubliée.

Si je relie une plaque métallique isolée P (fig. 8), à l'une des bornes T de la bobine d'induction, quoique cette plaque soit très bien isolée, un courant traverse le fil quand la bobine fonctionne.

Avant tout, je désire établir qu'il existe en effet un courant passant à travers le fil de com-

munication. Un moyen de le démontrer est d'insérer entre la bobine et la plaque isolée un fil très fin de platine ou de maillechort w et de porter celui-ci à l'incandescence ou de le fondre par le courant. Cela exige une plaque plutôt grande ou des impulsions de courant de très haut potentiel et de très haute fréquence.

Un autre moyen est d'insérer dans le chemin que suivra le courant une bobine c , formée d'un grand nombre de tours de fil fin isolé. La bobine étant reliée par une de ses extrémités au fil conduisant à une autre plaque isolée P_1 , et par l'autre extrémité à la borne T_1 de la bobine d'induction, la bobine c est traversée par un courant dont la présence peut se manifester de diverses manières.

Par exemple, j'introduis dans la bobine un noyau de fer i . Le courant étant de très haute fréquence, s'il est quelque peu intense, portera

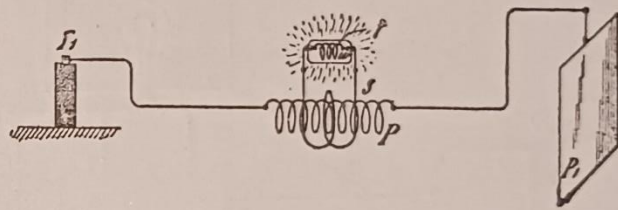


Fig. 9. — Transformation à circuit ouvert et plaque isolée.

bientôt le noyau de fer à une température plus élevée, les pertes par hystérésis et par courants induits étant considérables avec des fréquences aussi élevées. On pourrait prendre un noyau de fer assez gros, laminé ou non, cela n'a pas d'importance; mais du fil de fer ordinaire de 2 millimètres de diamètre, par exemple, convient parfaitement. Quelques minutes suffisent à porter le fil de fer i à une température assez élevée pour fondre la cire à cacheter s , et faire tomber le carré de papier p qui y est collé. Mais avec les appareils dont je dispose d'autres démonstrations plus intéressantes peuvent être données.

J'ai un secondaire S (fig. 9) de gros fil enroulé sur une bobine semblable à la précédente. Dans l'expérience ci-dessus le courant traversant la bobine c (fig. 8) était très faible, mais comme le nombre de tours était considérable l'échauffement du fil de fer était assez fort. Si j'avais fait passer ce courant dans un conducteur pour montrer son effet calorifique, l'intensité du courant n'aurait pas suffi à produire un effet appréciable,

effets produits par une force électrostatique variable dans un milieu isolant tel que l'air. Quand une force de ce genre agit sur un corps conducteur de dimensions mesurables, elle produit à son intérieur ou à sa surface des déplacements d'électricité et donne naissance à des courants électriques, et ceux-ci produisent un autre genre de phénomènes, dont je vais m'efforcer de vous présenter quelques-uns. Je m'occuperai principalement des effets qui peuvent être produits sans circuit de retour, et j'espère susciter ainsi un intérêt plus grand en présen-

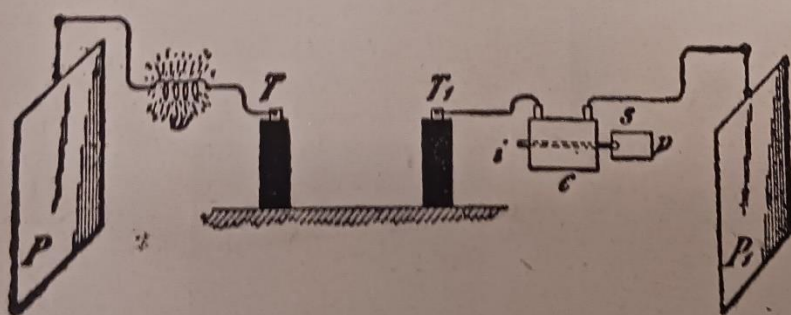


Fig. 8. — Courants en circuit ouvert.

tant ces phénomènes sous un aspect plus ou moins nouveau.

On a eu longtemps coutume, par suite de l'expérience limitée dont on disposait à l'égard des courants vibratoires, de considérer un courant électrique comme quelque chose circulant à tra-

Un autre moyen est d'introduire dans le circuit une bobine étant reliée par une des extrémités à une autre plaque isolée, et par l'autre extrémité à la borne d'induction, la bobine c est traversée par un courant dont la présence peut se manifester de diverses manières.

Par exemple, j'introduis dans la bobine un noyau de fer i . Le courant étant de très haute fréquence, s'il est quelque

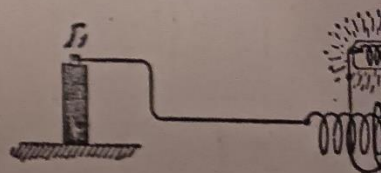
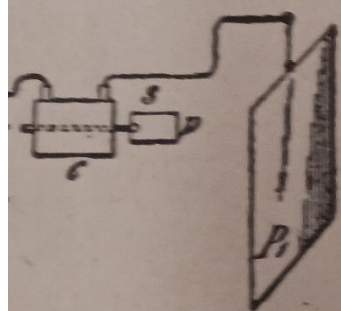


Fig. 9. — Transformation à circuit ouvert.

bientôt le noyau de fer à une température plus élevée, les pertes par hystérésis et par courants induits étant considérables avec des fréquences aussi élevées. On pourrait prendre un noyau de fer assez gros, laminé ou non, cela n'a pas d'importance; mais du fil de fer ordinaire de 2 milli-



ircuit ouvert.

un aspect plus ou moins nouveau, par suite de l'expérience limitée dont on disposait à l'égard des courants vibratoires, de considérer un courant électrique comme quelque chose circulant à tra-

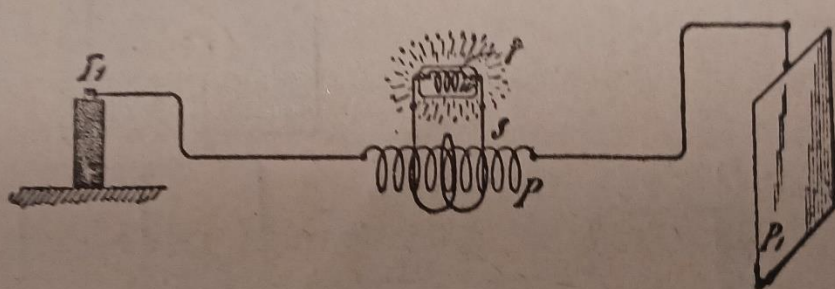


Fig. 9. — Transformation à circuit ouvert et plaque isolée.

bientôt le noyau de fer à une température plus élevée, les pertes par hystérésis et par courants induits étant considérables avec des fréquences aussi élevées. On pourrait prendre un noyau de fer assez gros, laminé ou non, cela n'a pas d'importance; mais du fil de fer ordinaire de 2 milli-

mais avec cette bobine pourvue d'un enroulement secondaire, je puis maintenant transformer le courant faible de haute tension qui traverse le primaire P en un courant secondaire intense de basse tension.

Dans un petit tube de verre *l* (fig. 9), j'ai enroulé un fil de platine *w* enroulé en spirale. Je joins les bornes du secondaire aux extrémités de ce fil, et j'intercale le primaire P entre la plaque isolée P_1 et la borne T_1 de la bobine d'induction. Celle-ci étant mise en marche le fil de platine est immédiatement porté à l'incandescence et peut même fondre.

Au lieu du fil de platine je prends maintenant une lampe ordinaire de 50 volts et de 15 bougies. Son filament devient incandescent; mais il n'est pas nécessaire d'employer la plaque isolée, car la lampe *l* (fig. 10) brille même quand la plaque

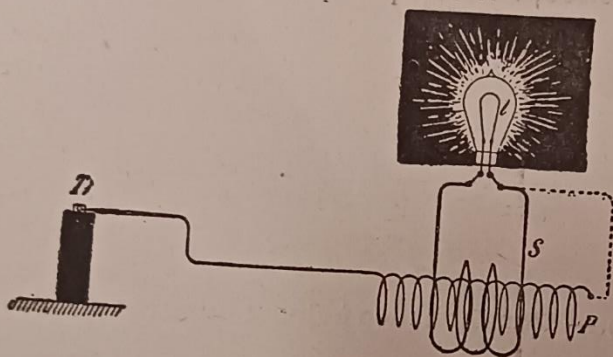


Fig. 10. — Transformation à circuit ouvert.

P_1 est détachée. Le secondaire peut également être relié au primaire, comme l'indique la ligne pointillée dans la figure 10, pour éliminer plus ou moins l'induction électrostatique.

J'appellerai l'attention sur un certain nombre d'observations intéressantes faites avec la lampe. Je détache d'abord une des bornes de la lampe du circuit secondaire S. On remarque une lueur qui remplit l'ampoule. Cette lueur est due à l'induction électrostatique. Elle augmente quand on prend l'ampoule dans la main et que l'on ajoute ainsi sur le circuit la capacité du corps de l'expérimentateur. Le secondaire, en effet, est équivalent à une armature métallique qui serait placée près du primaire.

Si le secondaire, ou son équivalent, l'armature, était placé symétriquement par rapport au primaire, l'induction électrostatique serait nulle dans les conditions ordinaires, c'est-à-dire en employant un circuit de retour primaire, car les deux moitiés se neutraliseraient mutuellement.

Le secondaire est, en fait, placé symétriquement par rapport au primaire, mais l'action des deux moitiés de ce dernier n'est pas exactement la même lorsque l'une des extrémités du primaire seulement est reliée à la bobine d'induction; par suite l'induction électrostatique se manifeste, d'où la lumière dans l'ampoule.

Je puis égaliser approximativement les actions des deux moitiés du primaire en en reliant l'extrémité libre à la plaque isolée, comme dans l'expérience précédente. Dans ce cas, la lueur disparaît.

Pour mettre en lumière un autre fait intéres-

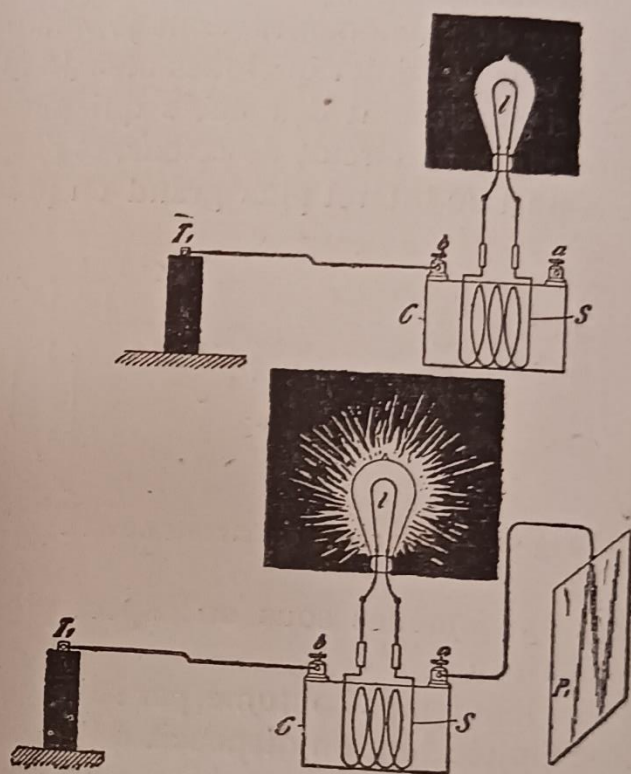


Fig. 11 et 12. — Effet d'une plaque isolée avec basses fréquences.

sant, je relie les deux bornes de la lampe au secondaire, une extrémité du primaire étant en relation avec la borne T_1 de la bobine et l'autre avec la plaque isolée P_1 , comme précédemment. La lampe brille alors d'une lumière intense (fig. 12).

Lorsqu'on détache la plaque P_1 , le filament devient beaucoup moins brillant (fig. 11).

En reliant de nouveau la plaque P_1 , mais en augmentant la fréquence du courant, je rends le filament obscur ou à peine rouge (fig. 14).

Si maintenant je détache de nouveau la plaque P_1 , on pourrait en inférer que le courant primaire sera affaibli, que par la suite la force électromotrice dans le secondaire S diminuera, de même que l'éclat de la lampe. Ce résultat peut,

de ce fil, et j'intercale le primaire P entre la plaque isolée P₁ et la borne T₁ de la bobine d'induction. Celle-ci étant mise en marche le fil de platine est immédiatement porté à l'incandescence et peut même fondre.

Au lieu du fil de platine je prends maintenant une lampe ordinaire de 50 volts et de 15 bougies. Son filament devient incandescent; mais il n'est pas nécessaire d'employer la plaque isolée, car la lampe l (fig. 10) brille même quand la plaque

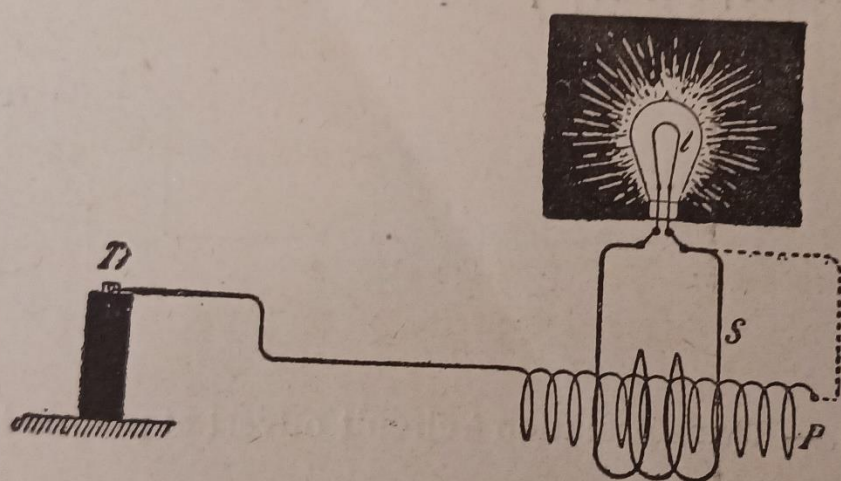


Fig. 10. — Transformation à circuit ouvert.

P est détachée. Le secondaire peut également être relié au primaire, comme l'indique la ligne pointillée dans la figure 10, pour éliminer plus ou moins l'induction électrostatique.

des deux moitiés du pri
trémité libre à la plac
l'expérience précédente
disparaît.

Pour mettre en lumi

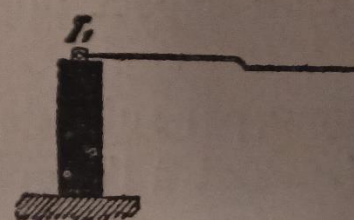
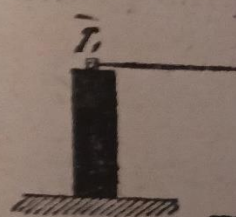
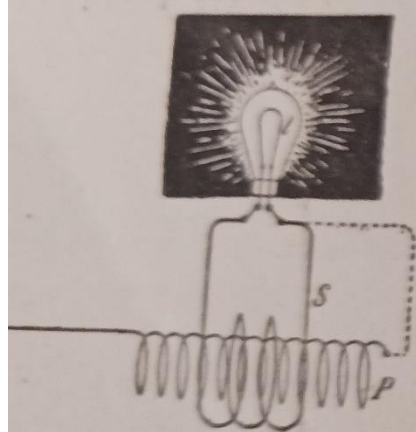


Fig. 11 et 12. — Effet d'

rcale le primaire P entre la pla-
a borne T₁ de la bobine d'in-
étant mise en marche le fil de
diatement porté à l'incandes-
ne fondre.

platine je prends maintenant
re de 50 volts et de 15 bougies.
nt incandescent; mais il n'est
mployer la plaque isolée, car
brille même quand la plaque



rmation à circuit ouvert.

econdaire peut également
comme l'indique la ligne
re 10, pour éliminer plus
lectrostatique.

on sur un certain nombre
antes faites avec la lampe.
des bornes de la lampe

des deux moitiés du primaire en en reliant l'ex-
trémité libre à la plaque isolée, comme dans
l'expérience précédente. Dans ce cas, la lueur
disparaît.

Pour mettre en lumière un autre fait intéres-

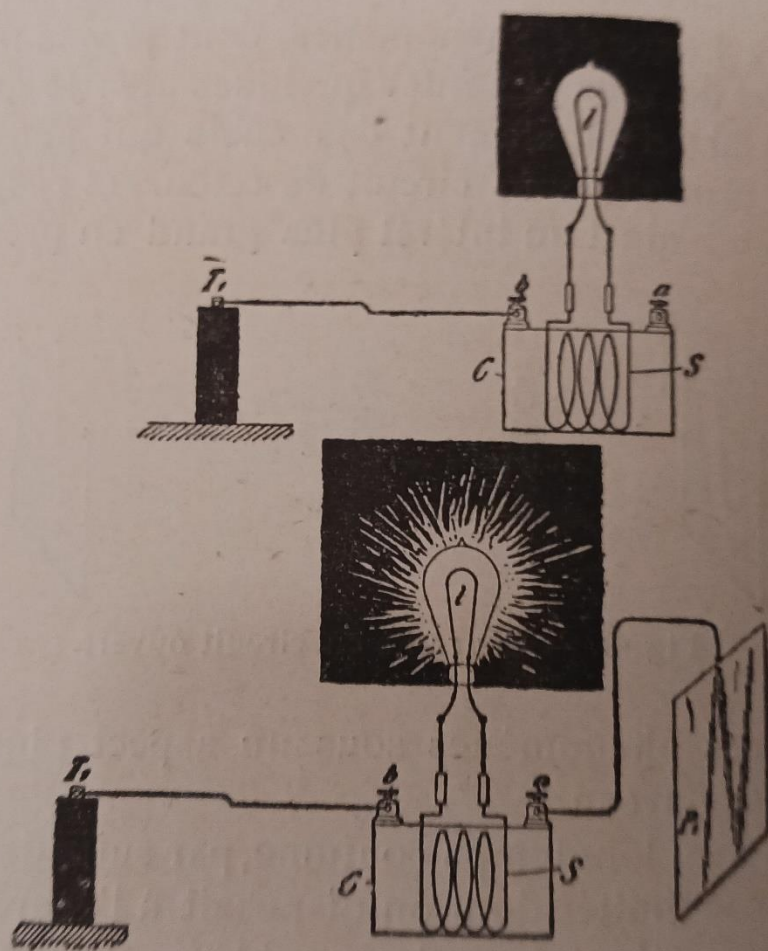


Fig. 11 et 12. — Effet d'une plaque isolée avec basses fréquences.

sant, je relie les deux bornes de la lampe au
secondaire, une extrémité du primaire étant en

d'une bat
marin; n
se retrou
la lampe
Le cou
tensité n

Fig.

en effet, être atteint par un réglage des bobines ou de la fréquence et du potentiel des courants. Mais dans les conditions actuelles il est intéressant de noter que la lampe augmente d'intensité lumineuse quand on enlève la plaque (fig. 13).

Dans ce cas, toute l'énergie que reçoit le primaire est absorbée par lui, comme la charge d'une batterie est absorbée par un câble sous-marin; mais la plus grande partie de l'énergie se retrouve dans le secondaire et sert à illuminer la lampe.

Le courant qui traverse le primaire est d'intensité maxima à l'extrémité *b* reliée à la borne

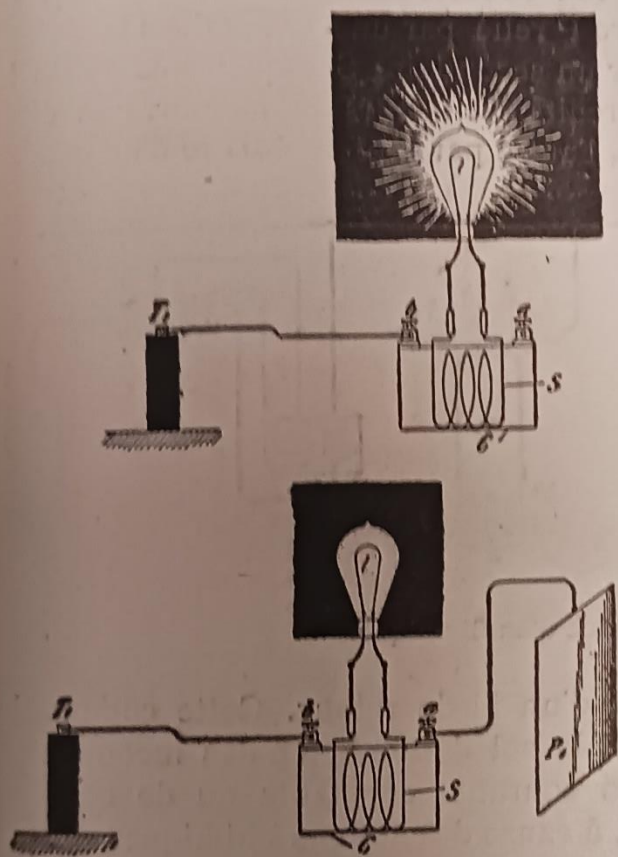


Fig. 13 et 14. — Effet d'une plaque isolée avec hautes fréquences.

T_1 de la bobine d'induction, et diminue vers l'extrémité éloignée *a*. Mais l'effet inductif dynamique exercé sur le secondaire *S* est maintenant plus grand que lorsque la plaque était reliée au primaire.

Ces résultats auraient pu être produits par différentes causes. Par exemple, la plaque P_1 étant détachée, la réaction de la bobine *C* pourrait être telle qu'elle diminue le potentiel de la borne T_1 et affaiblisse le courant traversant le primaire de la bobine *C*. Ou bien, la suppression de la plaque peut diminuer l'effet de la capacité et par suite le courant. Ou encore, l'effet en question pourrait être produit par une varia-

tion de phase entre les courants primaire et secondaire et la réaction qui en résulte. Mais le facteur principal déterminant est la relation entre la self-induction et la capacité de la bobine *C* et de la plaque P_1 et la fréquence des courants. Le renforcement de l'effet lumineux du filament dans la figure 13 est, toutefois, partiellement dû à l'échauffement du gaz raréfié de la lampe par l'induction électrostatique, qui est plus grande lorsque la plaque isolée est détachée du circuit.

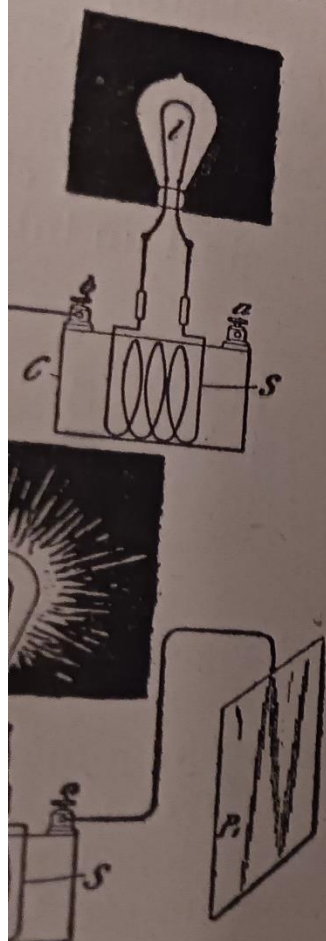
Dans ce dernier cas et à circuit secondaire ouvert, on ne peut tirer de celui-ci que de petites étincelles, l'induction électrostatique étant faible. Mais après avoir fermé le secondaire sur lui-même ou sur la lampe, de fortes étincelles peuvent en être tirées. L'induction électrostatique est alors beaucoup plus forte, parce que le secondaire fermé détermine un courant plus intense dans le primaire et principalement dans la partie reliée à la bobine d'induction. En prenant la lampe à la main, on augmente la capacité du secondaire et la luminosité du filament, l'incandescence étant maintenant due partiellement au passage du courant à travers le filament et au bombardement moléculaire du gaz raréfié.

Les expériences qui précèdent nous amènent à une nouvelle série de résultats intéressants obtenus au cours de ces investigations. Puisque je puis faire passer un courant à travers un fil isolé simplement en reliant une de ses extrémités à la source d'énergie électrique; puisqu'à l'aide de ce courant je puis en induire un autre, aimanter un noyau de fer, en un mot effectuer toutes les opérations possibles avec un circuit de retour, il est clair que je pourrai également actionner un moteur à l'aide d'un seul fil.

À une autre occasion j'ai décrit une forme simple de moteur comprenant simplement une bobine excitatrice, un noyau de fer et un disque. La figure 15 représente une modification de ce moteur à courants alternatifs actionné par les courants induits dans un transformateur relié à une borne, et divers autres arrangements de circuits pour actionner une certaine catégorie de moteurs alternatifs fondés sur l'action des courants à différence de phase. Il suffira de dire quelques mots de chacun de ces dispositifs.

Dans le diagramme, la figure 15 Il montre une bobine *P* reliée à l'une des extrémités de la ligne

Dans ce cas, la lueur
un autre fait intéres-



le isolée avec basses

de la lampe au
primaire étant en
bobine et l'autre

maire est absorbée par lui, comme la charge
d'une batterie est absorbée par un câble sous-
marin; mais la plus grande partie de l'énergie
se retrouve dans le secondaire et sert à illuminer
la lampe.

Le courant qui traverse le primaire est d'in-
tensité maxima à l'extrémité b reliée à la borne

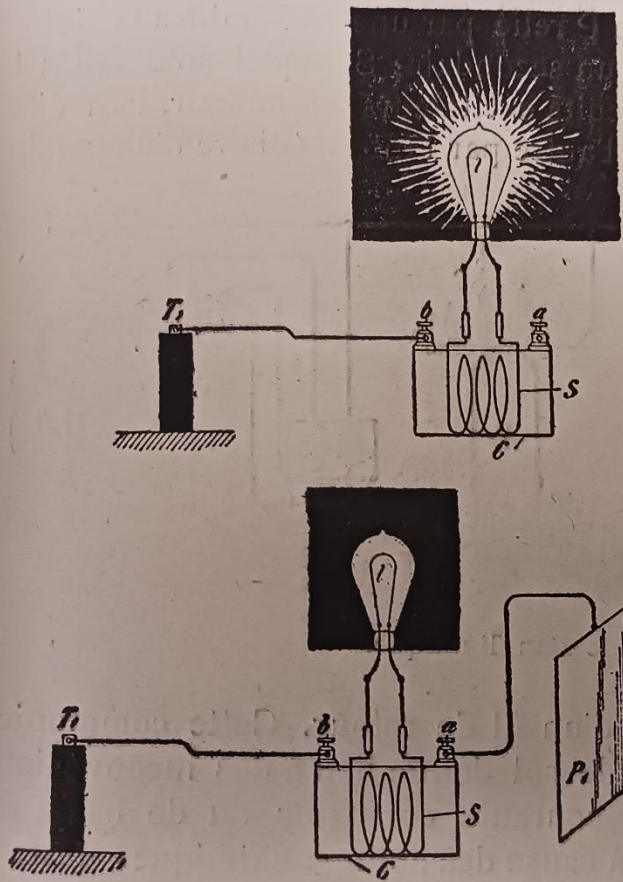


Fig. 13 et 14. — Effet d'une plaque isolée avec hautes
fréquences.

T_1 de la bobine d'induction, et diminue vers
l'extrémité éloignée a . Mais l'effet inductif dyna-

rants. Le renforcement de l'
filament dans la figure 13
tiellement dû à l'échauffement
la lampe par l'induction élec
plus grande lorsque la plaq
chée du circuit.

Dans ce dernier cas et à
ouvert, on ne peut tirer de ce
étincelles, l'induction électro
ble. Mais après avoir fermé
lui-même ou sur la lampe, c
peuvent en être tirées. L'in
tique est alors beaucoup plu
secondaire fermé détermin
intense dans le primaire et p
la partie reliée à la bobine c
nant la lampe à la main, on
cité du secondaire et la lum
l'incandescence étant maint
ment au passage du coura
ment et au bombardement
raréfié.

Les expériences qui préc
à une nouvelle série de r
obtenus au cours de ces inv
je puis faire passer un cou
isolé simplement en reliant
à la source d'énergie élect
de ce courant je puis en in
ter un noyau de fer, en un
les opérations possibles av
il est clair que je pourrai
un moteur à l'aide d'un se

A une autre occasion
simple de moteur compre

L venant d'une borne T_1 d'un transformateur à haute tension. En communication inductive avec ce primaire P est un secondaire S de gros fil dont le circuit contient une bobine c . Les courants induits dans le secondaire excitent le noyau de fer i , qui, de préférence, mais non nécessairement, est divisé, et mettent le disque métallique d en rotation.

Un moteur M_2 (fig. 15 II) de ce genre a été appelé un « moteur à retard magnétique », mais on objecte d'autre part à cette expression que la rotation peut être attribuée aux courants de Foucault. Pour faire fonctionner ce moteur dans de bonnes conditions, il ne faut pas employer de fréquence trop élevée, pas plus de quatre à cinq mille, quoique la rotation puisse être produite avec dix mille par seconde et plus.

Dans la figure 15 I, un moteur M_1 ayant deux

circuits excitateurs, A et B , est indiqué schématiquement. Le circuit est relié à la ligne L et en série avec un primaire P , qui peut avoir son extrémité libre reliée à une plaque isolée P_1 , comme l'indiquent les lignes pointillées. L'autre circuit de moteur B est relié au secondaire S qui est en relation inductive avec le primaire P . Les courants dans les deux circuits, secondaire et primaire, diffèrent entre eux en phase de 90° , ou à peu de chose près, et peuvent faire tourner une armature en relation inductive avec A et B .

Dans la figure 15 III, un moteur similaire possède deux circuits excitateurs A_1 et B_1 . Un primaire P relié par une extrémité à la ligne L agit sur un secondaire S auquel sont reliés les deux circuits excitateurs du moteur, l'un directement, l'autre par l'intermédiaire d'un conduc-

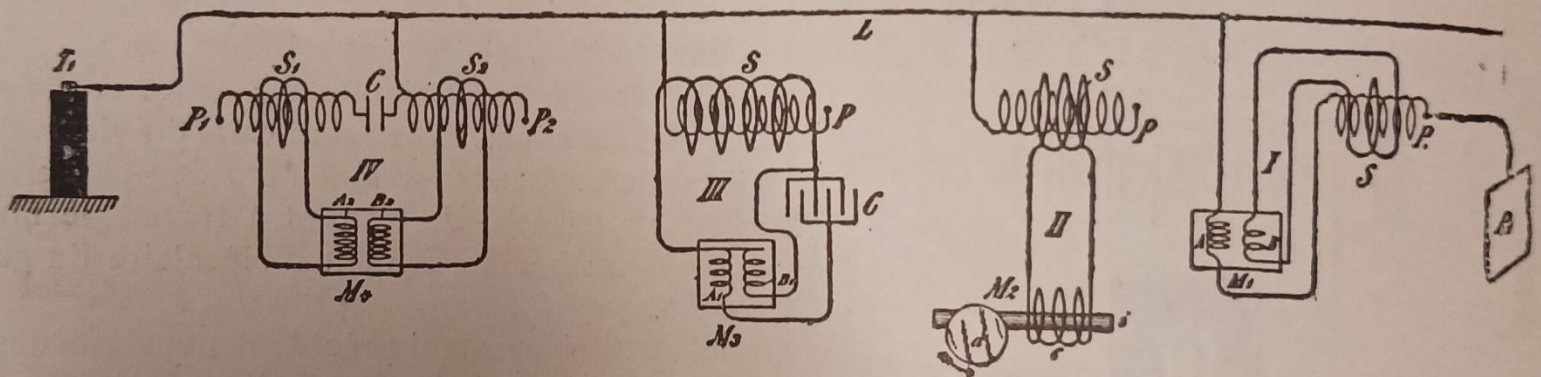


Fig. 15. — Actionnement de moteurs à l'aide d'un fil unique.

teur C , qui produit la différence de phase entre les courants en A_1 et B_1 .

La figure 15 IV indique une autre disposition. Dans ce cas, deux primaires P_1 et P_2 sont reliés à la ligne L , l'un par l'intermédiaire d'un condensateur C de faible capacité, l'autre directement. Les secondaires S_1 et S_2 sont en série avec les circuits excitateurs A_2 et B_2 du moteur M_4 , le condensateur C servant encore à produire la différence de phase voulue entre les deux circuits. Quoique des moteurs de ce genre ne présentent jusqu'à présent qu'un intérêt scientifique, ils ne tarderont pas à pouvoir être utilisés dans la pratique.

Il sera utile, je crois, de placer ici quelques remarques au sujet des dispositifs de toute sorte basés sur l'emploi d'un seul fil.

Il est de toute évidence que, quand on fait usage de courants à haute fréquence, la communication avec la terre est — au moins quand la force électromotrice est grande — préférable à

l'emploi d'un fil de retour. Cette communication avec le sol donne lieu à des inconvénients avec les courants constants ou de basse fréquence, à cause des actions chimiques destructives des premiers et des dérangements que causent les seconds dans les circuits voisins; mais avec les courants à haute fréquence, ces actions n'existent pratiquement pas.

Mais il y a mieux, la communication avec le sol devient même superflue quand la force électromotrice est très considérable, car bientôt il se produit ce fait que le courant peut être transmis plus économiquement à travers des conducteurs ouverts qu'à travers des conducteurs fermés. Si l'application industrielle d'une transmission de force à fil unique peut paraître encore lointaine à ceux qui ne connaissent pas les expériences faites dans cette voie, il n'en est pas de même pour quiconque s'occupe de cette question. En vérité, je ne vois pas pourquoi une installation de ce genre ne serait pas réalisable.

avec ce primaire P est un secondaire S de gros fil dont le circuit contient une bobine c . Les courants induits dans le secondaire excitent le noyau de fer i , qui, de préférence, mais non nécessairement, est divisé, et mettent le disque métallique d en rotation.

Un moteur M_2 (fig. 15 II) de ce genre a été appelé un « moteur à retard magnétique », mais on objecte d'autre part à cette expression que la rotation peut être attribuée aux courants de Foucault. Pour faire fonctionner ce moteur dans de bonnes conditions, il ne faut pas employer de fréquence trop élevée, pas plus de quatre à cinq mille, quoique la rotation puisse être produite avec dix mille par seconde et plus.

Dans la figure 15 I, un moteur M_1 ayant deux

serait avec un primaire P , qui peut avoir son extrémité libre reliée à une plaque isolée P_1 , comme l'indiquent les lignes pointillées. L'autre circuit de moteur B est relié au secondaire S qui est en relation inductive avec le primaire P. Les courants dans les deux circuits, secondaire et primaire, diffèrent entre eux en phase de 90° , ou à peu de chose près, et peuvent faire tourner une armature en relation inductive avec A et B.

Dans la figure 15 III, un moteur similaire possède deux circuits excitateurs A_1 et B_1 . Un primaire P relié par une extrémité à la ligne L agit sur un secondaire S auquel sont reliés les deux circuits excitateurs du moteur, l'un directement, l'autre par l'intermédiaire d'un conduc-

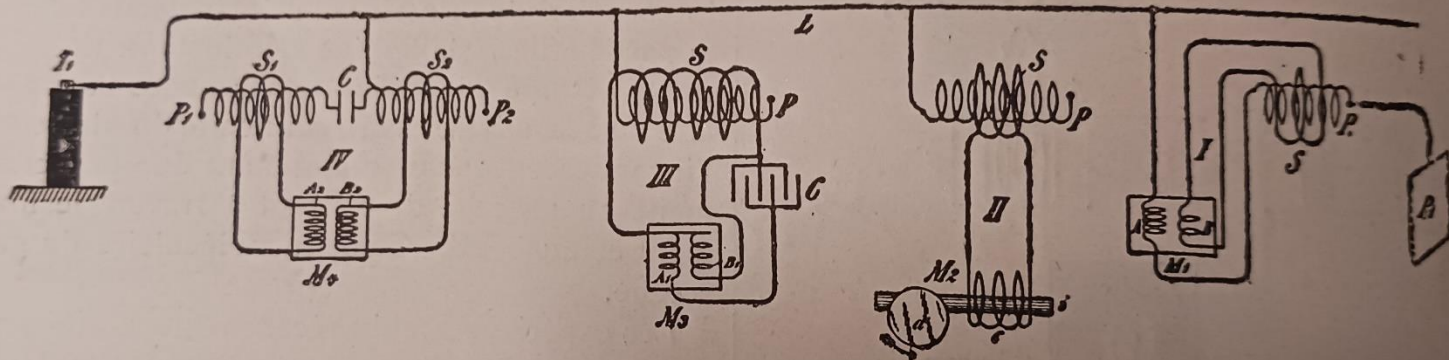


Fig. 15. — Actionnement de moteurs à l'aide d'un fil unique.

teur C, qui produit la différence de phase entre les courants en A_1 et B_1 .

La figure 15 IV indique une autre disposition. Dans ce cas, deux primaires P_1 et P_2 sont reliés à la ligne L, l'un par l'intermédiaire d'un condensateur C de faible capacité, l'autre directement. Les secondaires S_1 et S_2 sont en série avec les circuits excitateurs A_2 et B_2 du moteur M_4 , le condensateur C servant encore à produire

l'emploi d'un fil de retour. Cette communication avec le sol donne lieu à des inconvénients avec les courants constants ou de basse fréquence, à cause des actions chimiques destructives des premiers et des dérangements que causent les seconds dans les circuits voisins; mais avec les courants à haute fréquence, ces actions n'existent pratiquement pas.

Il ne faudrait, du reste, pas croire qu'il soit nécessaire pour cela de recourir à des courants de très haute fréquence, car dès qu'arrivent des potentiels de 30000 volts, par exemple, la transmission peut être effectuée avec de faibles fréquences. Ces conclusions s'appuient sur des expériences que j'ai faites.

Quand les fréquences sont très élevées, on trouve très facile au laboratoire de régler les effets de la manière indiquée par la figure 16. On y voit deux primaires P et P_1 , reliés chacun par une de ses extrémités avec la ligne L et par l'autre extrémité avec les plaques de condensateurs C et C_1 respectivement. Près de celles-ci se trouvent d'autres plaques C_1 et C_1 , l'une reliée à la ligne, l'autre à une plaque isolée P_2 . Sur les primaires sont enroulés des secondaires S et S_1 mis en communication avec les appareils m et d .

En faisant varier les distances entre les pla-

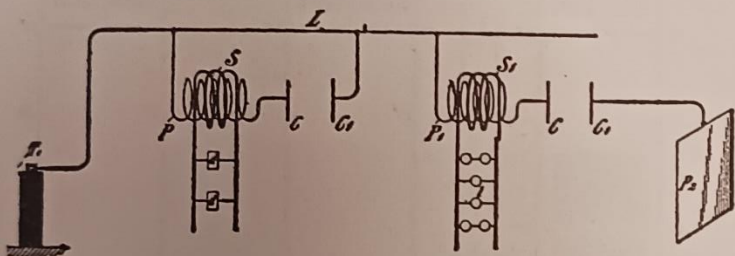


Fig. 16. — Transformation à fil simple avec modes de réglage faciles.

ques de condensateur C et C_1 , on fait varier l'intensité des courants dans les secondaires S et L_1 .

Le côté curieux de cette expérience est la grande sensibilité de ce mode de réglage, la moindre modification de la distance entre les plaques produisant une grande variation de l'intensité de courant. La sensibilité est accrue au maximum en rendant la fréquence telle que le primaire lui-même, sans plaque reliée à son extrémité libre, satisfasse à la condition de résonance. Il n'a été possible de régler les conditions de façon que l'approche d'une personne suffisait à produire une variation d'éclat considérable dans les lampes attachées au secondaire.

De très hautes fréquences ne sont pas applicables aux moteurs par suite de la nécessité où l'on se trouve d'employer des noyaux de fer. Mais on peut se servir de décharges brusques de faible fréquence et obtenir ainsi certains

avantages des courants à haute fréquence sans rendre le noyau de fer absolument incapable de suivre les variations et sans perdre une grande quantité d'énergie dans le noyau. Une certaine catégorie de ces moteurs, que j'ai proposés il y a quelques années, contiennent des circuits secondaires fermés et tournent très rigoureusement quand on fait passer des décharges disruptives à basse fréquence à travers les bobines excitatrices. Une des raisons qui font que ces moteurs fonctionnent bien dans ces conditions, est que la différence de phase entre les courants primaires et secondaires est de 90 degrés, ce qui n'est généralement pas le cas avec des courants de basse fréquence variant harmoniquement.

Dans la figure 17, on a représenté un moteur fonctionnant avec des décharges disruptives. Il comprend un assez gros noyau de fer i avec des incisions dans lesquelles sont logés de gros

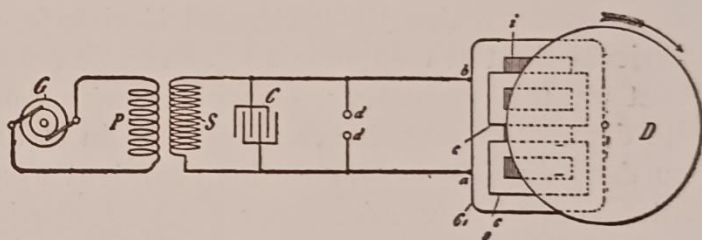


Fig. 17. — Moteur actionné par des décharges disruptives.

cadres de cuivre cc . A proximité du noyau se trouve un disque métallique D pouvant tourner librement. La bobine excitatrice primaire C_1 est reliée par ses extrémités a et b aux bornes du secondaire S d'un transformateur ordinaire, dont le primaire est alimenté d'un courant alternatif de basse fréquence. Entre les bornes du secondaire est placé un condensateur C qui se décharge à travers l'excitateur dd , placé en série ou en dérivation sur la bobine.

Dans des conditions convenables le disque D tourne en exerçant un couple considérable et le noyau de fer ne s'échauffe pas sensiblement. Avec les courants d'un alternateur à grande fréquence, au contraire, le noyau s'échauffe rapidement et le disque tourne avec un couple moindre.

Pour rendre l'expérience démonstrative il faut d'abord s'assurer que le disque D n'est pas mis en rotation quand la décharge ne se produit pas en dd . Il est préférable d'employer un gros

Quand les fréquences sont très élevées, on trouve très facile au laboratoire de régler les effets de la manière indiquée par la figure 16. On y voit deux primaires P et P_1 , reliés chacun par une de ses extrémités avec la ligne L et par l'autre extrémité avec les plaques de condensateurs C et C_1 respectivement. Près de celles-ci se trouvent d'autres plaques C_1 et C_1 , l'une reliée à la ligne, l'autre à une plaque isolée P_2 . Sur les primaires sont enroulés des secondaires S et S_1 mis en communication avec les appareils m et d .

En faisant varier les distances entre les pla-

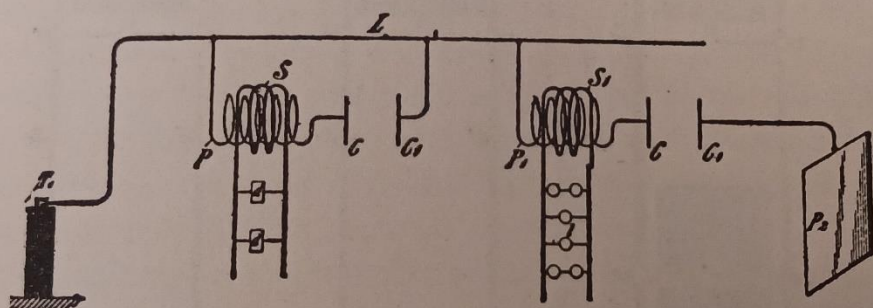


Fig. 16. — Transformation à fil simple avec modes de réglage faciles.

ques de condensateur C et C_1 , on fait varier l'intensité des courants dans les secondaires S et L_1 .

Le côté curieux de cette expérience est la grande sensibilité de ce mode de réglage, la moindre modification de la distance entre les plaques produisant une grande variation de

condaires fermés et tournent très vite quand on fait passer des décharges disruptives à basse fréquence à travers les bobines excitatrices. Une des raisons qui font que ces moteurs fonctionnent bien dans ces conditions, est que la différence de phase entre les courants primaires et secondaires est de 90 degrés, ce qui n'est généralement pas le cas avec des courants de basse fréquence variant harmoniquement.

Dans la figure 17, on a représenté un moteur fonctionnant avec des décharges disruptives. Il comprend un assez gros noyau de fer i avec des incisions dans lesquelles sont logés de gros

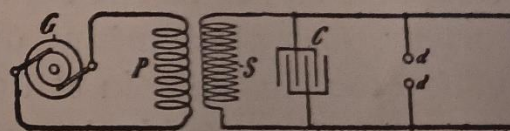


Fig. 17. — Moteur actionné par des décharges disruptives.

cadres de cuivre cc . A proximité du noyau se trouve un disque métallique D pouvant tourner librement. La bobine excitatrice primaire C_1 est reliée par ses extrémités a et b aux bornes du secondaire S d'un transformateur ordinaire, dont le primaire est alimenté d'un courant alternatif de basse fréquence. Entre les bornes du secon-

au laboratoire de régler les effets de la manière indiquée par la figure 16. On y voit deux primaires P et P_1 , reliés chacune par une de ses extrémités avec la ligne L et par l'autre extrémité avec les plaques de condensateurs C et C_1 respectivement. Près de celles-ci se trouvent d'autres plaques C_1 et C_1 , l'une reliée à la ligne, l'autre à une plaque isolée P_2 . Sur les primaires sont enroulés des secondaires S et S_1 mis en communication avec les appareils m et d . En faisant varier les distances entre les pla-

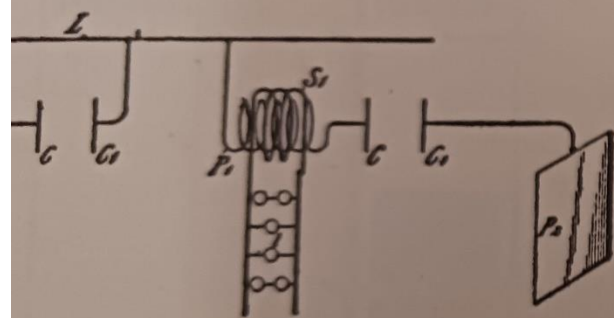


Fig. 16. — Transformation à fil simple avec modes de réglage faciles.

condensateur C et C_1 , on fait varier l'intensité des courants dans les secondaires S et L_1 .

Le côté curieux de cette expérience est la grande sensibilité de ce mode de réglage, la moindre modification de la distance entre les plaques produisant une grande variation de

condaires fermés et tournent très vite quand on fait passer des décharges disruptives à basse fréquence à travers les bobines excitatrices. Une des raisons qui font que ces moteurs fonctionnent bien dans ces conditions, est que la différence de phase entre les courants primaires et secondaires est de 90 degrés, ce qui n'est généralement pas le cas avec des courants de basse fréquence variant harmoniquement.

Dans la figure 17, on a représenté un moteur fonctionnant avec des décharges disruptives. Il comprend un assez gros noyau de fer i avec des incisions dans lesquelles sont logés de gros

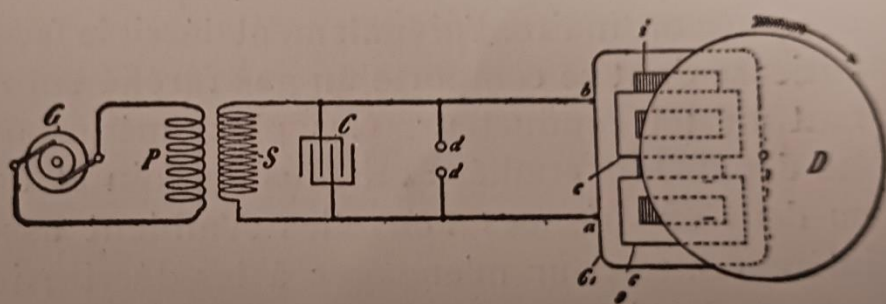


Fig. 17. — Moteur actionné par des décharges disruptives.

cadres de cuivre cc . A proximité du noyau se trouve un disque métallique D pouvant tourner librement. La bobine excitatrice primaire C_1 est reliée par ses extrémités a et b aux bornes du secondaire S d'un transformateur ordinaire, dont le primaire est alimenté d'un courant alternatif de basse fréquence. Entre les bornes du secon-

noyau de fer et un condensateur de grande capacité afin de réduire autant que possible les oscillations très rapides superposées à l'oscillation fondamentale. En observant certaines conditions j'ai pu actionner des moteurs série ou shunt ordinaires à courant continu à l'aide de ces décharges disruptives, et cela avec ou sans emploi d'un fil de retour.

Parmi les différents phénomènes de courant le plus intéressant peut-être est le phénomène de l'impédance que présentent les conducteurs en présence de courants variant très rapidement. Dans mon premier mémoire communiqué à l'American Institute of Electrical Engineers, j'ai décrit quelques observations de ce genre. Ainsi, j'ai montré que lorsque des courants à grande fréquence traversent une barre métallique épaisse, il peut y avoir sur cette barre des points distants seulement de quelques centimètres et présentant une différence de potentiel suffisante pour faire briller une lampe à incandescence ordinaire. J'ai également décrit la façon curieuse dont se comporte un gaz raréfié entourant un tel conducteur. Ces phénomènes ont été depuis lors étudiés avec plus de soin et une ou deux expériences nouvelles semblent assez intéressantes pour m'engager à les décrire ici.

Dans la figure 18 *a*, B et B₁ sont de fortes barres de cuivre reliées d'une part aux plaques C et C₁ de condensateurs dont les armatures opposées sont en communication avec le secondaire d'un transformateur à haute tension, alimenté par un alternateur ordinaire G. Le condensateur se décharge à travers un excitateur *dd* comme d'ordinaire.

En établissant une vibration rapide il est facile d'effectuer l'expérience suivante. Les barres B et B₁ sont réunies par une lampe à bas voltage *l*₃; au-dessous de cette lampe on met en dérivation sur *cc* une autre lampe de 50 volts *l*₂; et plus bas encore on attache une lampe de 100 volts *l*₁, enfin à une certaine distance au-dessous de cette dernière on fixe un tube raréfié T. En déterminant les positions de ces appareils il est possible de les faire briller tous simultanément. Pourtant ils sont reliés en dérivation sur les deux grosses barres de cuivre et nécessitent pour fonctionner des voltages tout différents.

Dans les figures 19 et 20 deux autres expériences sont représentées, expériences qui ne demandent pas un réglage aussi délicat que la

précédente. Dans la figure 19, la lampe *l*₂ de 50 volts pourra être allumée assez facilement tandis que la lampe *l*₁ de 100 volts pourra rester obscure, ou devenir à peine rouge. Si l'on réunit alors les deux barres par un gros conducteur, comme dans la figure 20, c'est l'inverse qui se produira, et c'est la lampe de 100 volts qui aura l'éclat le plus intense.

Ces résultats ne doivent pas être attribués simplement à la fréquence, comme je l'ai fait remarquer, mais plutôt à la vitesse de variation,

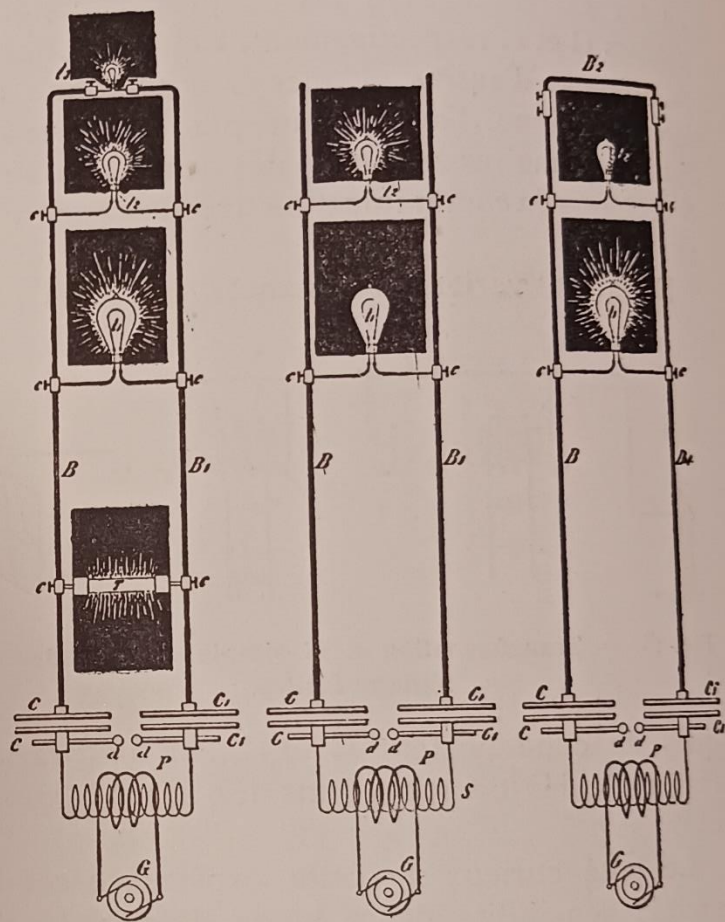


Fig. 18, 19 et 20. — Phénomènes d'impédance.

qui peut être grande même avec de basses fréquences.

Dans les expériences précédentes, j'ai eu l'occasion de montrer quelques phénomènes lumineux, et il serait maintenant indiqué d'étudier ceux-ci individuellement: mais pour compléter cette investigation je crois nécessaire de faire quelques remarques au sujet de la résonance électrique, qui doit toujours être observée dans la réalisation de ces expériences.

(A suivre.)

N. TESLA.

sées à l'oscilla-
certaines con-
pteurs série ou
nu à l'aide de
avec ou sans

es de courant
e phénomène
conducteurs
rapidement.
communiqué à

Engineers,
de ce genre.
s courants à
barre métal-
te barre des
lques centi-
de potentiel
pe à incan-
crit la façon
réfié entou-
omènes ont
soin et une
blent assez
décrire ici.
t de fortes
ux plaques
armatures
c le secon-
ension, ali-
G. Le con-
itateur dd

de il est
nte. Les
npe à bas
e on met
e 50 volts
lampe de
tance au-
pe raréfié
appareils
multané-

que la lampe n'est pas restée obs-
cure, ou devenir à peine rouge. Si l'on réunit
alors les deux barres par un gros conducteur,
comme dans la figure 20, c'est l'inverse qui se
produira, et c'est la lampe de 100 volts qui aura
l'éclat le plus intense.

Ces résultats ne doivent pas être attribués sim-
plement à la fréquence, comme je l'ai fait re-
marquer, mais plutôt à la vitesse de variation,

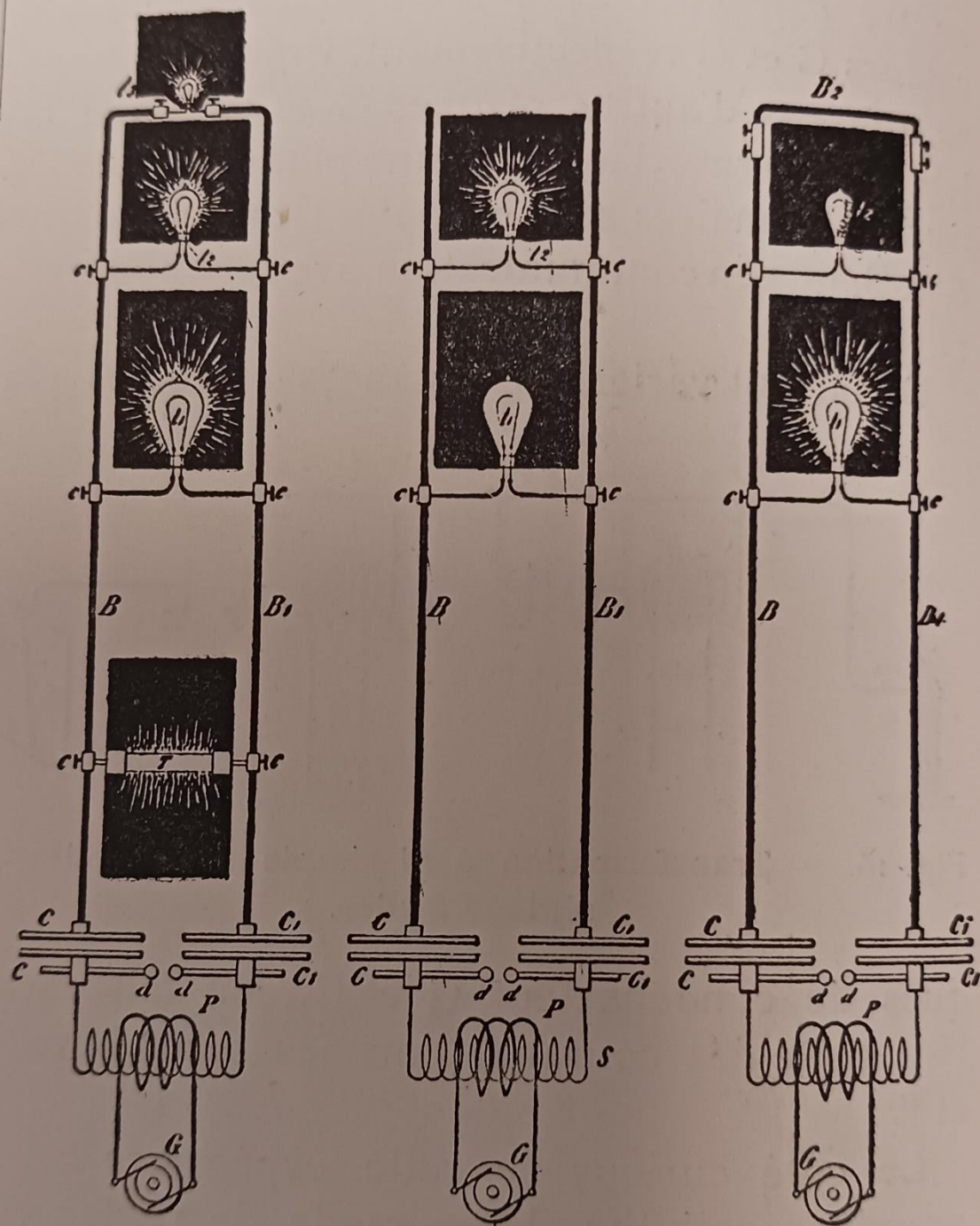


Fig. 18, 19 et 20. — Phénomènes d'impédance.

qui peut être grande même avec de basses fré-
quences.

Dans les expériences précédentes, j'ai eu l'oc-
casion de montrer quelques phénomènes lumi-
neux, et il serait maintenant indiqué d'étudier
ceux-ci individuellement: mais pour compléter
cette investigation je crois nécessaire de faire

Nous a
du gran
hausen.
avait pu
une de
a paru
la prod
moyen
quatre
nouvell
nent 75
exige u
pendan
particu

Chac
ment
palier
et sert
La cou
cher in
autant
sont p
main

La
de cha
du ch
ple. C
est pa
turbir
étages

Les
de Zu
balan
le piv

Ces
M. Cr
descr
la mé
force
lieue

Dès
Etien
port

en effet, être atteint par un réglage des bobines ou de la fréquence et du potentiel des courants. Mais dans les conditions actuelles il est intéressant de noter que la lampe augmente d'intensité lumineuse quand on enlève la plaque (fig. 13).

Dans ce cas, toute l'énergie que reçoit le primaire est absorbée par lui, comme la charge d'une batterie est absorbée par un câble sous-marin; mais la plus grande partie de l'énergie se retrouve dans le secondaire et sert à illuminer la lampe.

Le courant qui traverse le primaire est d'intensité maxima à l'extrémité b reliée à la borne

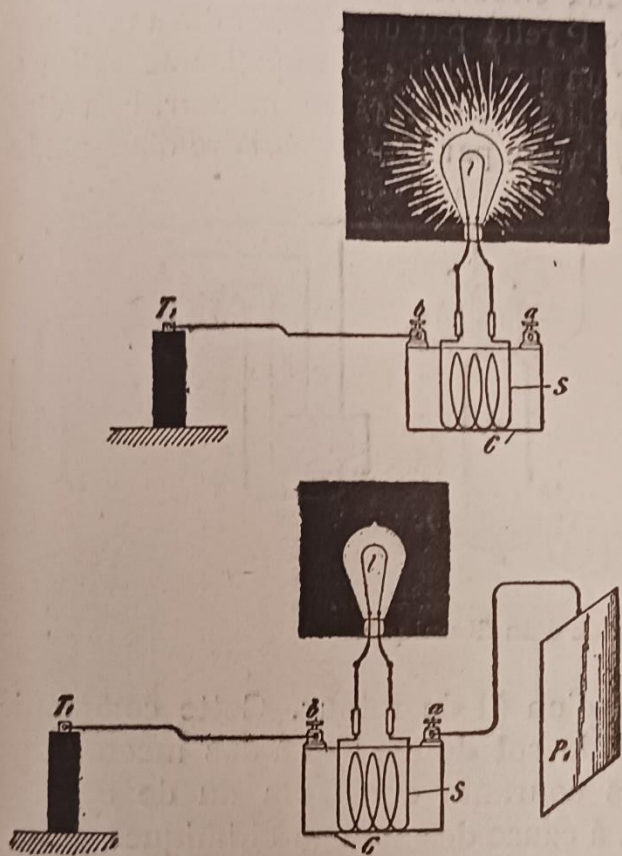


Fig. 13 et 14. — Effet d'une plaque isolée avec hautes fréquences.

T_1 de la bobine d'induction, et diminue vers l'extrémité éloignée a . Mais l'effet inductif dynamique exercé sur le secondaire S est maintenant plus grand que lorsque la plaque était reliée au primaire.

Ces résultats auraient pu être produits par différentes causes. Par exemple, la plaque P_1 étant détachée, la réaction de la bobine C pourrait être telle qu'elle diminue le potentiel de la borne T_1 et affaiblisse le courant traversant le primaire de la bobine C . Ou bien, la suppression de la plaque peut diminuer l'effet de la capacité et par suite le courant. Ou encore, l'effet en question pourrait être produit par une varia-

tion de phase entre les courants primaire et secondaire et la réaction qui en résulte. Mais le facteur principal déterminant est la relation entre la self-induction et la capacité de la bobine C et de la plaque P_1 et la fréquence des courants. Le renforcement de l'effet lumineux du filament dans la figure 13 est, toutefois, partiellement dû à l'échauffement du gaz raréfié de la lampe par l'induction électrostatique, qui est plus grande lorsque la plaque isolée est détachée du circuit.

Dans ce dernier cas et à circuit secondaire ouvert, on ne peut tirer de celui-ci que de petites étincelles, l'induction électrostatique étant faible. Mais après avoir fermé le secondaire sur lui-même ou sur la lampe, de fortes étincelles peuvent en être tirées. L'induction électrostatique est alors beaucoup plus forte, parce que le secondaire fermé détermine un courant plus intense dans le primaire et principalement dans la partie reliée à la bobine d'induction. En prenant la lampe à la main, on augmente la capacité du secondaire et la luminosité du filament, l'incandescence étant maintenant due partiellement au passage du courant à travers le filament et au bombardement moléculaire du gaz raréfié.

Les expériences qui précèdent nous amènent à une nouvelle série de résultats intéressants obtenus au cours de ces investigations. Puisque je puis faire passer un courant à travers un fil isolé simplement en reliant une de ses extrémités à la source d'énergie électrique; puisqu'à l'aide de ce courant je puis en induire un autre, aimanter un noyau de fer, en un mot effectuer toutes les opérations possibles avec un circuit de retour, il est clair que je pourrai également actionner un moteur à l'aide d'un seul fil.

A une autre occasion j'ai décrit une forme simple de moteur comprenant simplement une bobine excitatrice, un noyau de fer et un disque. La figure 15 représente une modification de ce moteur à courants alternatifs actionné par les courants induits dans un transformateur relié à une borne, et divers autres arrangements de circuits pour actionner une certaine catégorie de moteurs alternatifs fondés sur l'action des courants à différence de phase. Il suffira de dire quelques mots de chacun de ces dispositifs.

Dans le diagramme, la figure 15 II montre une bobine P reliée à l'une des extrémités de la ligne

diélectrique D augmente avec la concentration, et inversement.

$\frac{dC}{d\epsilon}$ est une quantité extrêmement petite, de sorte que l'on ne peut songer à confirmer expérimentalement le calcul qui précède.

Si l'on substitue un champ magnétique à un champ électrique, les deductions sont les mêmes : il suffit seulement de remplacer la constante diélectrique D par la perméabilité magnétique μ .

A. B.

VARIÉTÉS

SUR LES PHÉNOMÈNES DE VIBRATION A HAUTE FRÉQUENCE (*)

Sur la résonance électrique.

Les effets de résonance occupent de plus en plus les ingénieurs et acquièrent une importance considérable dans les applications pratiques des courants alternatifs. Nous intercalerons donc ici quelques remarques générales relatives à ces effets.

Il est évident que si nous réussissons à employer les effets de résonance pratiquement dans l'actionnement de dispositifs électriques, le fil de retour deviendra en réalité inutile, car la vibration électrique peut être transportée par un seul fil tout aussi bien, et quelquefois mieux, que par deux fils. La première question à examiner est celle de la possibilité d'obtention d'effets de résonance pure. La théorie et l'expérience montrent que cela est impossible dans la nature, car à mesure que l'oscillation devient de plus en plus énergique, les pertes dans les corps vibrants et dans le milieu ambiant augmentent rapidement et réagissent nécessairement contre la vibration qui, sans cette réaction, croîtrait à l'infini. Il est heureux, d'ailleurs, que la résonance pure ne puisse être produite, car elle ferait courir à l'expérimentateur les plus grands dangers.

La production de la résonance est possible jusqu'à un certain degré, la grandeur des effets étant limitée par la conductibilité et l'élasticité

imparfaites du milieu, ou en général par des pertes de frottement. Plus ces pertes sont minimes, plus nets sont les effets. La vibration mécanique est dans le même cas. Une barre d'acier rigide peut être mise en vibration par des gouttes d'eau la frappant par intermittences ; et avec le verre, d'une élasticité plus parfaite, l'effet de résonance est encore plus remarquable, car on peut briser un gobelet en émettant devant un son de hauteur voulue.

La résonance électrique s'approche d'autant plus de la perfection que la résistance ou l'impédance du conducteur est plus petite et que le diélectrique est plus parfait. Dans une bouteille de Leyde se déchargeant à travers un câble court formé de torons de fils fins, ces conditions se trouvent probablement le mieux remplies, et les effets de résonance y sont très marqués. Ce n'est pas le cas des dynamos, des transformateurs et des appareils industriels en général, dans lesquels la présence du fer complique et rend impossible cette action.

En ce qui concerne les bouteilles de Leyde dont on se sert fréquemment pour démontrer les effets de résonance, je ferai remarquer que les effets observés sont souvent *attribués*, mais rarement *dus* à la vraie résonance, erreur qui se commet, d'ailleurs, facilement. C'est ce que nous pouvons démontrer par l'expérience suivante.

Prenez, par exemple, deux grands disques ou deux grandes sphères métalliques isolées, que je désignerai par A et B ; placez-les à une certaine distance l'une de l'autre et chargez-les à l'aide d'une machine à frottement ou à influence à un potentiel si élevé qu'il suffise de l'augmenter seulement d'une très faible quantité pour produire la décharge explosive. Si, maintenant on approche de l'un des corps chargés une autre sphère fixée à une poignée isolante et reliée à une bobine à haute tension et grande fréquence, la décharge se produit entre A et B, au moins quand le potentiel de la bobine est suffisamment élevé.

L'explication de ce phénomène se trouve dans le fait que la sphère reliée à la bobine agit inductivement sur les corps A et B. Lorsque l'étincelle se produit, les charges se neutralisent nécessairement, puisque les corps sont mis en communication électrique par l'arc formé. Or cet arc se forme qu'il y ait résonance ou non.

(*) *La Lumière Électrique*, 12 août 1893, p. 287.

Même si l'étincelle ne se produit pas, la différence de potentiel alternative créée entre les corps quand on en approche la sphère chargée tend toujours à donner lieu à la décharge.

Au lieu des corps chargés A et B, nous pouvons prendre les armatures d'une bouteille de Leyde, et à la place de la machine une autre bouteille de Leyde se déchargeant à travers un circuit de faible résistance. La sphère ou le disque reliés à celle-ci produisent, quand on les approche de la première bouteille, la décharge de cette dernière. Mais il n'est nullement nécessaire que ces bouteilles et leurs circuits soient accordés. Si, en introduisant dans un des circuits une bobine de fil, l'expérience ne réussit plus, on admet le plus souvent que c'est parce que la résonance entre les deux circuits est détruite. Cette conclusion est loin d'être nécessairement vraie; car l'introduction d'une bobine équivaut à joindre les deux circuits par un petit condensateur, dont l'effet est de diminuer la différence de potentiel alternative entre les armatures chargées et, par suite, d'empêcher leur décharge.

Pour effectuer de bonnes observations sur la résonance électrique, il est désirable, sinon nécessaire, d'employer un alternateur donnant des courants à variations harmoniques; car dans les courants interrompus, beaucoup de phénomènes qui dépendent de la vitesse de variation peuvent être obtenus avec des fréquences très différentes. Mais l'emploi même d'un alternateur donne lieu à des mécomptes. Pour un circuit relié à l'alternateur il existe une infinité de valeurs de la capacité et de la self-induction dont la combinaison satisfait à la condition de résonance. En mécanique on trouve également un nombre infini de diapasons qui répondent à une note d'une certaine hauteur, ou de ressorts chargés ayant une période de vibration définie. Mais la résonance est la plus parfaite dans le cas où le mouvement s'opère le plus librement.

Or, en mécanique, il est de peu d'importance qu'un diapason soit un peu plus long qu'un autre, attendu que les pertes dans l'air ne sont pas très considérables. On peut naturellement placer un diapason dans de l'air raréfié, et, en réduisant ainsi au minimum la résistance de l'air, obtenir une meilleure résonance. Là encore, la différence ne sera pas très grande. Elle serait autrement considérable si le diapason était plongé dans du mercure.

Pour la vibration électrique, il est très important d'arranger les conditions de telle manière que la vibration s'effectue le plus librement possible. La grandeur de l'effet de résonance dépend, toutes choses égales d'ailleurs, de la quantité d'électricité mise en mouvement ou de l'intensité du courant. Mais le circuit s'oppose au passage du courant en raison de son impédance; il est donc nécessaire de réduire l'impédance à un minimum. Il est impossible de la supprimer complètement, car la résistance ohmique en fait partie. Mais dans le cas des grandes fréquences, le courant est presque uniquement déterminé par la self-induction. Or, on peut vaincre la self-induction en la combinant avec la capacité. Lorsque la relation entre ces éléments est telle qu'à la fréquence employée ils s'annulent, c'est-à-dire lorsqu'ils satisfont à la condition de résonance, on obtient le meilleur résultat.

Il est plus simple et plus sûr de relier le con-

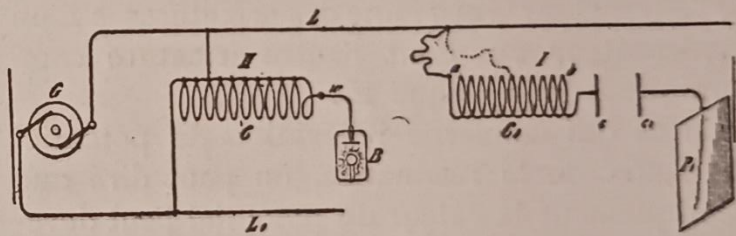


Fig. 1. — Dispositifs pour l'étude de la résonance.

densateur en série avec la self-induction. Dans des combinaisons de ce genre on aura, pour une certaine fréquence et en considérant la période fondamentale, des valeurs qui donneront le meilleur résultat avec le condensateur relié en dérivation à la bobine de self-induction; mais c'est la pratique qui détermine le choix à faire. Dans le montage en série on peut prendre une petite self-induction et une grande capacité ou une grande self-induction et une petite capacité; ce dernier cas est préférable, parce qu'il n'est pas facile de régler par degrés une grande capacité. En employant une bobine de forte self-induction, la capacité critique est réduite à une valeur très petite, et souvent la capacité de la bobine est suffisante. Il est facile, en s'aidant de certains artifices, d'enrouler une bobine dont l'impédance est réduite à la valeur de la résistance ohmique, et pour toute bobine il existe, naturellement, une certaine fréquence pour laquelle l'intensité de courant est maxima.

L'observation de la relation entre la self-

induction, la capacité et la fréquence prend de l'importance dans la mise en œuvre des appareils à courants alternatifs, tels que les transformateurs ou moteurs, parce qu'une combinaison judicieuse des éléments rend inutile l'emploi de condensateurs coûteux. Il est ainsi possible de faire passer dans un moteur à courants alternatifs le courant d'intensité voulue avec une petite force électromotrice et d'éliminer entièrement le courant apparent; mais il est nécessaire pour cela de se servir de courants à très haut potentiel et très grande fréquence.

La figure 11 montre une disposition qui a été employée dans l'étude des effets de résonance à l'aide d'un alternateur à grande fréquence. C_1 est une bobine d'un grand nombre de tours divisée en petites sections indépendantes pour les besoins du réglage. Quelquefois, le dernier réglage a été effectué par l'introduction de quelques fils de fer fins ou par l'emploi d'un secondaire fermé. La bobine C_1 est reliée à la ligne L de l'alternateur G et à l'une des armatures c d'un condensateur cc , dont l'autre armature communique avec la plaque P_1 .

En ce qui concerne l'élévation du potentiel par l'effet de la résonance, on peut dire que théoriquement la valeur du potentiel peut devenir aussi élevée qu'on le veut, mais que dans la pratique l'on est limité dans le choix des valeurs de la self-induction et de la résistance. On peut partir de 1000 volts, par exemple, et élever la force électromotrice à une valeur 50 fois aussi élevée, mais on ne saurait partir de 100 000 volts pour atteindre le décuple de cette valeur, à cause des pertes dans le milieu ambiant qui sont considérables surtout pour de hautes fréquences.

Deux volts pris sur le circuit d'une dynamo à haute ou à basse fréquence peuvent être transformés en plusieurs centaines de volts. On pourrait relier à la machine par une de leurs extrémités seulement des bobines de dimensions convenables dont l'effet serait de détériorer la machine, quoique le circuit de celle-ci ne fût pas fermé, dans l'acception ordinaire du terme. Je n'ai pas réussi à produire des élévations de potentiel considérables. Il est possible que le fer employé dans les appareils empêche que ces possibilités théoriques puissent être réalisées. S'il en est ainsi, j'en attribue la cause aux pertes par hystérésis et par courants de Foucault.

Généralement il est nécessaire de transformer

de bas en haut, et à cet effet on emploie une bobine d'induction de forme ordinaire; mais quelquefois on a trouvé plus avantageuse la disposition représentée par la figure 12. Une bobine C est formée d'un grand nombre de sections, dont quelques-unes constituent le circuit primaire. De cette façon on peut régler à la fois le primaire et le secondaire. Une extrémité de la bobine est reliée à la ligne L_1 de l'alternateur G , dont l'autre ligne L est en relation avec un point intermédiaire de la bobine. Cette disposition présente également plusieurs avantages dans l'étude de la décharge disruptive. Quand on a atteint les conditions de résonance, le front de l'onde doit se trouver à l'extrémité libre de la bobine, par exemple à la borne du globe à phosphorescence B . C'est ce que l'on reconnaît aisément en observant le potentiel en un point w du fil plus près de la bobine.

A propos des effets de résonance et du problème de la transmission de l'énergie sur un seul conducteur que j'envisageais tout à l'heure, je voudrais dire quelques mots sur un sujet que j'ai sans cesse devant l'esprit et qui touche le bien-être de tous. Je veux parler de la transmission de signaux intelligibles, ou peut-être même de la transmission de l'énergie à toute distance sans se servir du tout de fils. Je suis de jour en jour plus convaincu de la praticabilité de cette opération, et quoique je sache fort bien que la grande majorité des savants ne croiront pas que de pareils résultats puissent être obtenus pratiquement et immédiatement, tous considèrent néanmoins que les travaux de ces dernières années sont de nature à encourager les expériences dans cette voie. Ma conviction s'est établie d'une façon si ferme que je ne considère pas plus longtemps ce plan de transmission de signaux ou d'énergie comme une simple possibilité théorique, mais comme un problème sérieux qui se pose à l'ingénieur électricien et doit être résolu un jour ou l'autre.

L'idée des transmissions sans fils est la conséquence naturelle des résultats les plus récents des recherches électriques. Quelques enthousiastes ont exprimé leur confiance dans la possibilité de réaliser la téléphonie à toute distance par induction à travers l'air. Je ne saurais pousser l'imagination jusque-là; mais je crois fermement qu'il est possible, au moyen de puissantes machines, de modifier les conditions

électrostatiques de la terre et de transmettre ainsi des signaux intelligibles et peut-être de l'énergie. En fait, qu'est-ce qui s'oppose à la réalisation de ce programme ? Nous savons aujourd'hui que les vibrations électriques peuvent être transmises avec un seul conducteur. Pourquoi, dès lors, ne pas essayer de nous servir de la terre dans ce but ? Il ne faut pas que l'idée de la distance nous effraye. Au voyageur harrassé qui compte les kilomètres, la terre peut paraître très grande, mais au plus heureux des hommes, l'astronome, qui contemple les cieux et juge notre globe à cette échelle grandiose, elle paraît bien petite. Il doit en être de même, semble-t-il, pour l'électricien. Quand il considère la vitesse avec laquelle une perturbation électrique se propage à travers la terre, toutes ses idées sur la distance doivent s'évanouir.

Un point de grande importance, ce serait de savoir quelle est la capacité de la terre et quelle charge elle peut contenir si elle est électrisée.

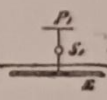
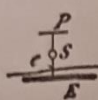


Fig. 2. — Transmission de l'énergie à toutes distances sans fils.

sance nécessaire, mais on peut espérer que nous y parviendrons, et cela grâce à la résonance électrique. Si jamais nous parvenons à établir suivant quelle période oscille la charge de la terre quand elle est influencée, par rapport à un système d'électricité opposée ou à un circuit connu, nous aurons acquis une connaissance de la plus haute importance pour le bien-être de la race humaine.

Je propose de chercher cette période au moyen d'un oscillateur électrique ou d'une source de courants alternatifs. Des deux bornes de la source d'électricité, l'une serait reliée à la terre, par exemple au réseau de distribution d'eau de la ville, et l'autre à un corps isolé de grande surface. Il est possible que les couches d'air extérieures conductrices ou l'espace libre contiennent une charge opposée et qu'elles forment avec la terre un condensateur de très grande capacité. Dans ce cas, la période de vibration peut être très longue, et une machine dynamo pourrait servir à l'expérience. Je transformerais alors le courant en un courant à potentiel aussi élevé qu'il serait possible, et je relierais les extrémités

Bien que nous n'ayons pas d'exemple positif de l'existence dans l'espace d'un corps électrisé sans corps à électricité opposée dans le voisinage, il est très probable que la terre est un corps dans cet état, car, quel que soit le mode suivant lequel elle s'est séparée des autres corps célestes, et c'est là l'explication admise de son origine, elle doit avoir retenu une charge, comme il arrive dans tous les processus de séparation mécanique. Si elle est un corps chargé isolé dans l'espace, sa capacité doit être extrêmement petite, inférieure à un millième de farad. Mais les couches supérieures de l'air sont conductrices, de sorte que peut-être il se trouve dans l'espace libre au-delà de l'atmosphère un milieu qui peut contenir une charge opposée. La capacité peut alors être incomparablement plus grande. Dans tous les cas, il est de la plus grande importance de donner une idée de la quantité d'électricité que la terre contient. Il est difficile de dire si nous acquerrons jamais cette connais-

du circuit secondaire à haute tension au sol et à un corps isolé. En faisant varier la fréquence des courants et en observant soigneusement le potentiel du corps isolé, tout en surveillant la perturbation en divers points voisins de la surface du sol, la résonance pourrait être décelée. Si, comme la majorité des savants le pensent probablement, la période est extrêmement petite, une dynamo ne suffirait plus, et il faudrait imaginer un oscillateur électrique convenable, peut-être même ne serait-il pas possible d'obtenir des vibrations aussi rapides. Mais que cela soit possible ou non, que la terre soit ou non chargée, et quelle que soit la période de vibration, il est certainement possible — nous en avons la preuve chaque jour — de produire quelque action électrique suffisamment puissante pour qu'elle soit perceptible au moyen d'instruments convenables en un point quelconque de la surface de la terre.

Admettons qu'une source de courants alternatifs S soit reliée, comme dans la figure 2, par l'une de ses bornes à la terre E (par exemple à des tuyaux d'eau) et par l'autre borne à un corps de grande surface P. L'oscillation électrique

créera un mouvement d'électricité alternatif, et les courants passeront à travers la terre en convergeant vers le point *c*. De cette manière des points de la surface terrestre voisins de *c* seront atteints par la perturbation, qui diminuera, toutefois, avec la distance, mais d'autant moins que la quantité d'électricité mise en jeu sera plus grande. Le corps *P* étant isolé, le potentiel de la source devra être énorme afin que la surface de *P* ne limite pas l'action. Les conditions peuvent être rendues telles que la source *S* crée le même mouvement électrique que si le circuit était fermé. De cette façon il est certainement possible d'imprimer à la terre une vibration électrique au moins de longue période. La distance à laquelle une vibration ainsi produite pourrait se faire sentir ne peut guère être prévue avec quelque certitude.

J'ai examiné à une autre occasion comment peut se comporter la terre envers des perturbations électriques. Il n'est pas douteux que, la densité électrique à la surface terrestre ne pouvant qu'être faible, l'air n'aurait pas d'influence nuisible et qu'il n'y aurait pas beaucoup d'énergie perdue par l'action de l'air. Théoriquement, la production d'une perturbation électrique perceptible à une grande distance, ou même sur toute la surface du globe ne nécessiterait pas une très grande dépense d'énergie.

Il est bien certain qu'en un point quelconque dans un certain rayon de la source *S* un système bien réglé à self-induction et à capacité peut être actionné par résonance. Mais on peut également faire fonctionner synchroniquement une autre source *S*₁ (fig. 2), ou un nombre quelconque de sources et répandre ainsi le flux d'électricité sur une très grande surface.

Je crois qu'il est possible d'actionner des dispositifs électriques dans une ville par l'intermédiaire des réseaux de tuyaux à l'aide de la résonance en se servant d'un oscillateur placé en un point central. Mais la solution pratique de ce problème serait incomparablement moins profitable à l'homme que la transmission de signaux ou peut-être de l'énergie à une distance quelconque à travers la terre. Si cela est possible, les distances ne signifient plus rien. Mais il s'agit avant tout d'imaginer des appareils appropriés à ce but ; c'est à cette question que j'ai déjà consacré beaucoup de travail ; je suis fermement convaincu que ce problème peut être résolu et

j'espère que nous serons témoins de sa réalisation.

Sur les phénomènes lumineux produits par les courants à haute fréquence et à haute tension.

Les effets lumineux qui ont formé l'objet principal de nos investigations peuvent se diviser en trois classes :

- 1° Incandescence d'un solide ;
- 2° Phosphorescence ;
- 3° Incandescence ou phosphorescence d'un gaz raréfié ;
- 4° Luminosité produite dans un gaz à la pression ordinaire.

La première question qui se pose est celle-ci : comment ces effets lumineux sont-ils produits ? Pour répondre à cette question d'une façon aussi satisfaisante que je puis le faire en m'éclairant d'idées acceptées et de l'expérience acquise, tout en ajoutant quelque intérêt à cette démonstration, je m'occuperai ici d'un fait que je considère comme de grande importance, d'autant plus qu'il permet de jeter une grande lumière sur la nature de la plupart des phénomènes produits par les courants électriques à haute fréquence.

J'ai eu occasion déjà de signaler la grande importance d'un gaz raréfié ou d'un milieu atomique en général autour du conducteur à travers lequel circulent les courants alternatifs à haute fréquence, en ce qui concerne l'échauffement du conducteur par les courants. Mes expériences, décrites il y a quelque temps déjà, ont montré que plus sont élevées la fréquence et la différence de potentiel des courants, plus la présence du gaz raréfié devient importante comme facteur d'échauffement. Toutefois, la différence de potentiel joue, comme je l'ai montré, un rôle plus important que la fréquence. Quand ces deux éléments sont suffisamment considérables, l'élévation de température peut être presque entièrement due à la présence de gaz raréfié. Les expériences suivantes montreront l'importance du gaz raréfié, ou généralement du gaz à la pression ordinaire ou à d'autres pressions, en ce qui concerne l'incandescence et les autres effets lumineux.

Je prends deux lampes à incandescence ordinaires de 50 volts et 16 bougies, en tout semblables, à l'exception que la pointe de l'une a été cassée pour laisser rentrer l'air, tandis que

l'autre est au degré de raréfaction ordinaire. Lorsqu'on attache cette dernière à une borne secondaire de la bobine d'induction dont je me suis déjà servi dans l'expérience indiquée dans la figure 13, p. 293, le filament est, comme on l'a vu, porté à un haut degré d'incandescence. Lorsqu'on remplace la lampe précédente par celle remplie d'air, le filament brille encore, mais d'une lueur beaucoup moins intense.

Cette expérience ne démontre que partiellement la vérité de ce que nous avons affirmé plus haut. L'importance du milieu dans lequel est plongé le filament se manifeste, mais peut-être pas au point que l'on désirerait. La raison en est que le secondaire de cette bobine, n'étant formé que de 150 tours, ne donne pas une différence de potentiel bien élevée. Mais comme l'effet dépend également de la fréquence, on peut dire plus justement que le facteur prépondérant est le taux de variation de la différence de potentiel. Plus cette variation est grande, plus important est le rôle du gaz comme facteur d'échauffement.

Je puis produire une variation beaucoup plus grande d'une façon qui évite les objections que l'on peut faire à la méthode précédente et qui sont basées sur l'incertitude des résultats dus aux réactions entre le primaire et le secondaire. J'obtiens ce résultat en chargeant avec un transformateur ordinaire une batterie de condensateurs que je décharge directement à travers un circuit de faible self-induction.

Dans les figures 3, 4 et 5, les barres de cuivre BB_1 sont reliées aux armatures opposées d'une batterie de condensateurs et sont traversées par les décharges à haute fréquence. Je relie d'abord aux barres, à l'aide de vis de serrage cc , une lampe à incandescence ordinaire de 50 volts. Les décharges traversant la lampe, le filament est rendu incandescent, quoique le courant soit très faible et ne pût suffire à produire un effet visible dans les conditions d'emploi ordinaires.

Je relie maintenant aux barres la lampe à pointe brisée et par suite remplie d'air à la pression ordinaire; dans les mêmes conditions que ci-dessus le filament ne devient pas incandescent. Mais ce résultat pourrait encore être attribué à l'une des multiples réactions qui ont lieu. Je relie donc les deux lampes en dérivation, comme dans la figure 5, et je constate encore que le filament de la lampe à air raréfié l brille,

tandis que celui de la lampe ouverte l_1 reste obscur.

Il ne faudrait pas croire que cette dernière lampe n'absorbe qu'une petite fraction de l'énergie totale; au contraire, elle en consomme une partie considérable et peut même s'échauffer beaucoup plus que la lampe qui brille.

Dans cette expérience la différence de potentiel aux bornes des lampes change de sens théoriquement trois à quatre millions de fois par seconde. Les extrémités des filaments sont électrisées dans le sens correspondant, et le gaz est violemment agité et transforme une grande partie de l'énergie en chaleur. Dans l'ampoule non épuisée, qui contient quelques millions de fois plus de molécules de gaz que l'autre, le bombardement, qui est le plus violent aux extrémités du filament dans le col de l'ampoule, consomme beaucoup d'énergie sans produire d'effet visible. Le bombardement est, si l'on veut, plus abondant, mais les chocs individuels ne sont pas très violents, parce que la vitesse des molécules n'est pas aussi grande dans l'espace libre, plus restreint. Dans la lampe à air raréfié, au contraire, les vitesses sont très grandes et les collisions violentes, et par suite mieux adaptées à la production d'un effet visible.

D'autre part, la convection de la chaleur est plus active dans l'ampoule ouverte. Dans les deux cas le courant traversant le filament est très faible, incomparablement moins intense que ce qu'exigerait un circuit à basse fréquence. Mais la différence de potentiel entre les extrémités du filament est très élevée, peut-être de 20 000 volts ou plus. Dans la lampe ordinaire une étincelle saute d'une extrémité à l'autre ou d'un fil de platine à l'autre avant qu'une différence de potentiel de cette valeur puisse être atteinte.

On pourrait objecter à propos de l'expérience précédente que les lampes étant en dérivation, celle à air raréfié peut prendre un courant plus intense et que l'effet observé peut ne pas être dû à l'action du gaz. Cette objection perd son poids si j'obtiens le même effet avec les lampes en série. Dans ce cas (fig. 4) la lampe à pression ordinaire l_1 reste obscure, tandis que la lampe raréfiée l brille d'un éclat encore plus vif que dans les conditions normales de fonctionnement. D'après les idées acceptées, le courant devrait maintenant être le même dans les deux fi-

laments s'il n'était modifié par le gaz qui les entoure.

Ici je signalerai un autre fait intéressant, qui est une constatation de plus de l'importance qu'il faut attribuer à l'effet du taux de variation du potentiel. Je laisse les deux lampes en série sur les conducteurs BB_1 (fig. 3), comme précédemment, mais je réduis considérablement la fréquence des courants. C'est ce que j'obtiens en ajoutant de la self-induction ou en augmentant la capacité des condensateurs. Dans ces conditions la lampe raréfiée l brille à peu près comme dans l'expérience précédente, mais en outre la lampe l_1 est portée à l'incandescence. En réglant le courant je porte cette dernière au rouge sombre, tandis que l'autre continue à briller d'un éclat très vif, quoique moindre (fig. 3) que dans l'expérience précédente (fig. 4).

Dans ces expériences le gaz agit par convec-

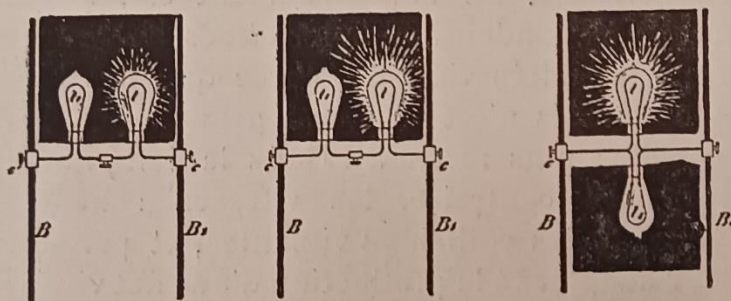


Fig. 3, 4 et 5. — Effets de la présence d'un milieu gazeux.

tion et par bombardement. Plus la fréquence et le potentiel sont élevés, plus le bombardement a d'importance, tandis qu'au contraire la convection est plus faible. Avec des courants constants, il n'y a pas de bombardement et la convection modifie alors sensiblement le degré d'incandescence. Ainsi de deux lampes montées en dérivation sur un circuit à courant constant, l'une à air raréfié, l'autre à la pression ordinaire, la première prendra beaucoup moins de courant pour être amenée à l'incandescence que l'autre. Cet effet est entièrement dû à la convection, et il est d'autant plus marqué que le filament est plus mince. MM. Ayrton et Kilgour ont publié récemment des résultats quantitatifs concernant l'émissivité thermique par rayonnement et par convection des fils fins. On peut encore montrer l'effet des fils fins en plaçant une série de fils de platine excessivement minces, contenus dans des tubes à air raréfié, en dérivation sur une machine à courant continu. Tous ces fils à

la fois peuvent être rendus incandescents à l'aide d'un courant beaucoup moins intense que celui qu'exigerait l'incandescence à l'air libre d'un seul de ces fils. Si l'on pouvait faire le vide à un degré tel que la convection devint nulle, les deux effets pourraient être séparés très facilement sans avoir recours aux mesures calorifiques.

Je décrirai encore ici un résultat que j'ai obtenu en observant ces phénomènes. J'ai remarqué que de faibles différences dans la densité de l'air produisent des différences très grandes dans

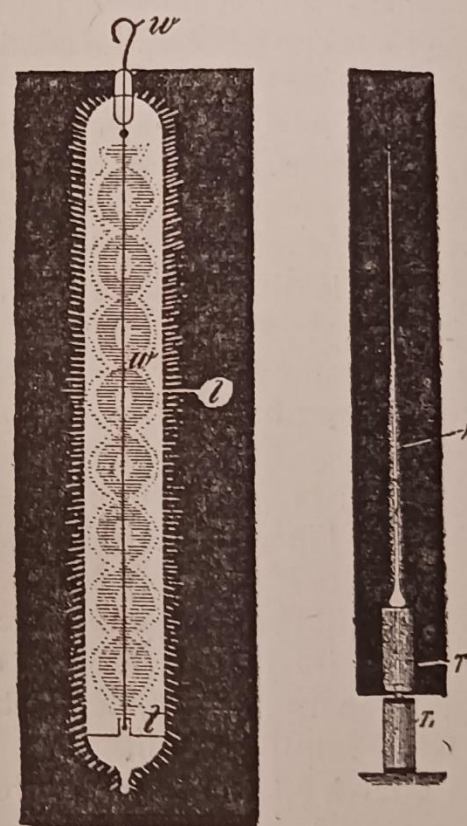


Fig. 6 et 7. — Incandescence dans un gaz à densité non uniforme et effet de la diffusion latérale.

le degré d'incandescence des fils, et j'ai été ainsi amené à penser qu'un fil placé dans un gaz à densité non uniforme pourrait être rendu incandescent aux endroits seulement où la densité du gaz serait plus faible. J'ai donc préparé un tube t (fig. 6) contenant un fil très fin de platine w . L'air était raréfié modérément et l'on a observé qu'en attachant l'électrode à une bobine à haute fréquence, le fil devient incandescent par places comme l'indique la figure.

L'effet est très net lorsque la décharge est stratifiée, mais il se produit également quand les stratifications ne sont pas visibles, ce qui montre que même dans ce cas, la densité du gaz est loin d'être uniforme. Dans la position

des stries les couches de plus grande raréfaction correspondent aux zones d'incandescence maxima du fil w . Mais dans quelques cas ces zones correspondent aux parties denses de la décharge stratifiée, comme en l (fig. 6) quoique l'effet soit à peine perceptible. Ceci peut s'expliquer en admettant que la convection n'est pas très différente dans les différentes zones, tandis que le bombardement est plus actif dans les zones denses. On observe, en effet, quelquefois qu'on obtient pour un fil fin l'incandescence la plus élevée lorsque la raréfaction n'est pas poussée trop loin. C'est ce qui arrive lorsque le potentiel de la bobine n'est pas suffisamment élevé pour le vide employé. Dans tous les cas ce curieux phénomène disparaît lorsque le fil atteint une température uniforme.

Si nous laissons de côté l'effet modificateur de la convection, deux causes distinctes déterminent l'incandescence d'un fil ou d'un filament traversé par des courants variables : le courant de conduction et le bombardement. Avec des courants constants nous n'avons affaire qu'à la première de ces deux causes et l'effet d'échauffement est minimum, parce que la résistance est moindre pour un courant constant. Mais quand le courant est variable, la résistance est plus grande et l'effet calorifique se trouve augmenté. Si donc la variation du courant est très grande, la résistance peut augmenter à un tel point que les filaments soient portés à l'incandescence par des courants inappréciables, et nous pourrions, par exemple, porter à l'incandescence un bloc court et épais de charbon ou autre matière avec un courant incomparablement moins intense que celui nécessaire pour amener au même degré un filament mince de lampe ordinaire avec un courant constant ou de basse fréquence.

Ce résultat est important et montre combien nos idées sur ces sujets changent rapidement et combien le champ de nos connaissances à cet égard s'étend tout d'un coup. Dans l'industrie de l'éclairage par incandescence, à voir le résultat sous un seul aspect, on a communément considéré comme un élément essentiel de succès pratique que le filament devait être mince et de résistance considérable. Aujourd'hui, nous savons que la résistance ne signifie rien à ce point de vue; le filament peut tout aussi bien être gros et court, car s'il est immergé dans un gaz

raréfié, il deviendra incandescent au passage d'un faible courant. Tout dépend de la fréquence et du potentiel du courant, et nous pouvons conclure de ceci qu'il serait avantageux, en ce qui concerne la lampe même, d'employer des courants à haute fréquence pour l'éclairage, de manière à permettre l'usage de filaments courts et épais et de faibles courants.

Lorsqu'un fil ou filament est immergé dans un milieu homogène, toute l'élévation de température est due au véritable courant de conduction; mais si ce fil ou filament est enfermé dans un récipient à l'intérieur duquel on a pratiqué le vide, les conditions sont entièrement différentes. Le gaz commence alors à agir et

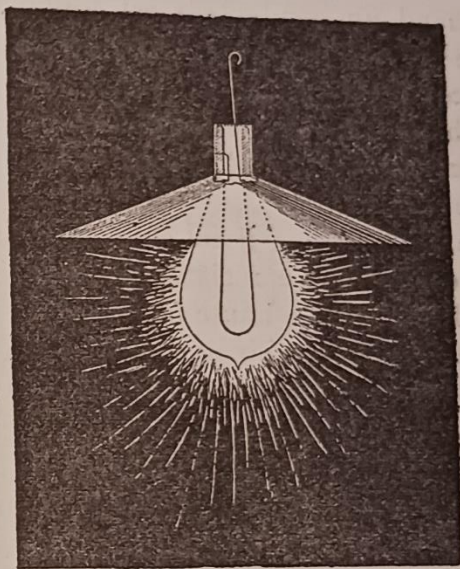


Fig. 8. — Utilisation du courant de conduction et du bombardement.

l'effet calorifique dû à la conduction du courant peut, comme l'ont montré de nombreuses expériences, être très petit par rapport à celui dû au bombardement. C'est spécialement le cas quand le circuit n'est pas fermé et que le potentiel est très élevé. Supposons qu'un filament fin, enfermé dans un récipient où le vide a été pratiqué, soit relié par l'une de ses extrémités aux bornes d'une bobine à haute tension et par l'autre à une grande plaque isolée. Bien que le circuit ne soit pas fermé, le filament, ainsi que je l'ai montré déjà, est porté à l'incandescence. Si la fréquence et le potentiel sont comparativement faibles, le filament est échauffé par le courant qui le *traverse*; mais, si la fréquence et le potentiel, et surtout ce dernier, augmentent, la plaque isolée pourra n'être que très petite; on pourra même arriver à la supprimer entière-

ment sans que le filament cesse d'être porté à l'incandescence, l'effet calorifique étant alors dû au bombardement.

On peut montrer une combinaison des deux effets du courant de conduction et du bombardement, en reliant, comme dans la figure 8, une extrémité du filament très fin d'une lampe ordinaire à un réflecteur servant alors de plaque isolée, l'autre extrémité étant reliée à une source à haute tension. Il ne faudrait pas croire que les gaz raréfiés aient seuls le privilège de ces effets calorifiques, la présence du gaz à la pression ordinaire peut produire les mêmes effets si la différence de potentiel et la fréquence des courants sont excessives. J'ai déjà établi à cet égard que, quand un conducteur est fondu par un coup de foudre, le courant qui l'a traversé peut être excessivement faible, pas même suffisant pour échauffer le conducteur d'une façon perceptible si ce dernier eût été plongé dans un milieu homogène.

De ce qui précède, il est clair que, lorsqu'un conducteur de haute résistance est relié à une source de courants à haute fréquence et à haut potentiel, il peut y avoir une dissipation d'énergie considérable, principalement aux extrémités du conducteur, par suite de l'action du gaz environnant celui-ci. Il en résulte que le courant peut être beaucoup plus petit à travers une section en un point intermédiaire entre les extrémités qu'à travers une section prise près des extrémités. De plus, le courant passe principalement dans les couches extérieures du conducteur, mais cet effet doit être distingué de l'effet analogue, localisation du courant dans les couches extérieures, tel qu'il est interprété ordinairement car ce dernier se produirait ou devrait se produire également dans un milieu continu incompressible.

Si un grand nombre de lampes à incandescence sont reliées en série sur une source de courants de la nature qui nous occupe, les lampes d'extrémité seront plus brillantes, tandis que celles intermédiaires pourront rester obscures. Cela est dû principalement au bombardement, comme il a été dit plus haut. Mais même avec des courants constants, pourvu que la différence de potentiel soit très grande, les lampes des extrémités pourront brûler plus brillamment que celles du milieu. Dans ce cas il n'y a pas de bombardement rythmique et le

résultat est dû entièrement à des fuites. Ces fuites, ou dissipation dans l'espace, quand la tension est élevée, sont considérables lorsqu'on se sert de lampes à incandescence, et plus encore avec des lampes à arc, parce que ces dernières agissent comme flammes. En général, la dissipation est beaucoup plus faible avec des courants constants qu'avec des courants variables.

J'ai combiné une expérience qui montre d'une façon frappante l'effet de la diffusion latérale. Un petit tube d'environ 1 centimètre de diamètre et de 30 centimètres de longueur (fig. 7), a l'une de ses extrémités étirée en une fibre fine *f* de près d'un mètre de longueur. Le tube est placé dans une douille de laiton T qui peut être vissée sur la borne T₁ de la bobine d'induction. La décharge passant dans le tube illumine d'abord la partie inférieure, de section relativement grande; mais elle ne peut passer à travers la longue fibre de verre. Graduellement le gaz raréfié s'échauffe, devient plus conducteur, et la décharge se prolonge jusque dans la fibre de verre, qui présente alors l'apparence d'un fil mince très lumineux. En réglant le potentiel on peut faire progresser la lumière dans la fibre à une vitesse quelconque. Mais une fois que toute la fibre est chauffée la décharge se produit sur toute sa longueur instantanément.

Le point intéressant à noter est qu'avec une fréquence plus élevée des courants, c'est-à-dire avec une plus grande dissipation latérale, la lumière se propage dans la fibre avec plus de lenteur. L'expérience réussit bien avec un tube à air extrêmement raréfié et récemment construit. Au bout d'un certain nombre d'essais l'expérience ne réussit plus. Il est possible que la cause en soit la perte graduelle du vide.

Cette lente propagation de la décharge à travers un tube de verre étroit correspond en tous points à la propagation de la chaleur à travers une barre chauffée à une extrémité. Plus est rapide la déperdition de chaleur latérale, plus il faudra de temps pour chauffer l'extrémité éloignée de la barre. Quand un courant de basse fréquence traverse la fibre d'un bout à l'autre, la dissipation latérale est faible et la décharge la traverse instantanément.

(A suivre)

N. TESLA.

d'abord, puis les nombres obtenus sont alternativement situés de part et d'autre de l'unité. Comme le rapport $\frac{R_1}{R_2}$ est plus grand quand le courant va de I vers II que dans l'autre direction, on doit en conclure que le sulfate de zinc est positif.

Il est d'ailleurs facile, au cours d'une expérience, de se convaincre que ces oscillations du rapport ne sont dues qu'au phénomène de Thomson; le rapport varie, en effet, d'une manière très régulière, de la première à la neuvième minute, entre les valeurs observées au bout de deux périodes consécutives.

D'autre part, j'ai répété l'expérience sur tous les liquides étudiés en laissant la partie supé-

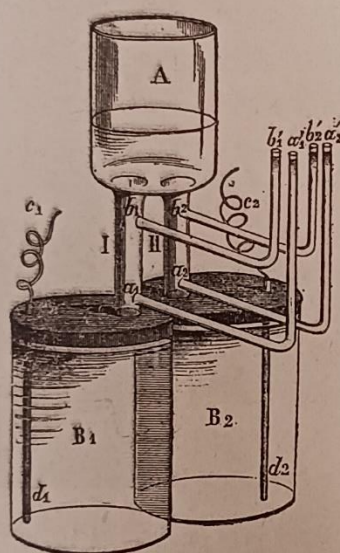


Fig. 1

rieure A de l'appareil à la température du laboratoire et, dans ces conditions, le rapport $\frac{R_1}{R_2}$ varie d'une façon continue sans présenter d'oscillation.

J'ai ainsi trouvé que le sulfate de zinc, le chlorure de zinc et le sulfate de cuivre sont positifs. Pour le sulfate de nickel, le rapport est resté invariable, et j'en ai conclu que si l'effet Thomson n'est pas nul pour ce corps, il doit tout au moins être beaucoup plus faible que pour les liquides précédents. L'étude des forces électromotrices thermo-électriques des couples (NiSO_4 , ZnSO_4 et NiSO_4 , CuSO_4) a d'ailleurs confirmé cette manière de voir ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Ce travail a été effectué au laboratoire de Physique de la Faculté des Sciences de Nancy.

VARIÉTÉS

SUR LES PHÉNOMÈNES DE VIBRATION A HAUTE FRÉQUENCE ⁽¹⁾

Après ces expériences et ces observations, qui ont montré l'importance de la discontinuité ou de la structure atomique du milieu et qui serviront à expliquer, au moins dans une certaine mesure, la nature des quatre sortes d'effets lumineux que produisent les courants de grande fréquence, je donnerai maintenant une démonstration de ces effets. On a vu précédemment que nous pouvons transmettre la vibration électrique à l'aide d'un seul fil ou conducteur. Le corps



Fig. 1. — Incandescence d'un corps solide.

humain étant conducteur, je puis faire passer la vibration par mon corps.

D'abord, je relie mon corps à l'une des bornes d'un transformateur à haute tension et je prends à la main une ampoule à air raréfié contenant un petit bouton de charbon monté sur une tige de platine conduisant à l'extérieur de l'ampoule. Ce bouton est rendu incandescent dès que le transformateur est mis en fonctionnement (fig. 1). Je puis placer un réflecteur métallique sur le globe pour rendre l'action plus intense. Il n'est pas nécessaire que le bouton communique avec la main par un fil, car on peut transmettre suffisamment d'énergie à travers le verre lui-même par action inductive.

Ensuite, je prends une ampoule à air très raréfié contenant un corps très phosphorescent, au-dessus duquel est montée une petite plaque

⁽¹⁾ *La Lumière Électrique*, 19 août 1893, p. 338.

d'aluminium reliée à un fil de platine conduisant à l'extérieur; les courants qui traversent mon corps excitent une phosphorescence intense à l'intérieur de l'ampoule (fig. 2).

Dans un tube raréfié, sans corps phosphorescent (fig. 3), le gaz devient également incandescent ou phosphorescent.

Enfin, je tiens à la main un simple fil (fig. 4) nu ou couvert d'une épaisse couche isolante; la vibration électrique est si intense que le fil se trouve entièrement enveloppé d'une gaine lumineuse.

Quelques mots maintenant à propos de chacun de ces phénomènes. En premier lieu, considérons le cas de l'incandescence d'un corps solide.

Nous avons vu qu'un filament fin relié à une borne d'un transformateur à haute tension est porté à l'incandescence par un courant de conduction et par bombardement. Celui-ci est d'autant plus important que le filament est plus court et plus épais; lorsqu'il ne s'agit plus que d'un bouton, l'échauffement doit être entièrement attribué au bombardement. Ainsi, dans l'expérience que je viens de montrer, le bouton est rendu incandescent par les chocs rythmiques de corpuscules parcourant librement l'intérieur de l'ampoule. Ces corpuscules peuvent être les molécules du gaz résiduel, des particules de poussière ou de petits éclats arrachés de l'électrode; quels qu'ils soient, il est certain que

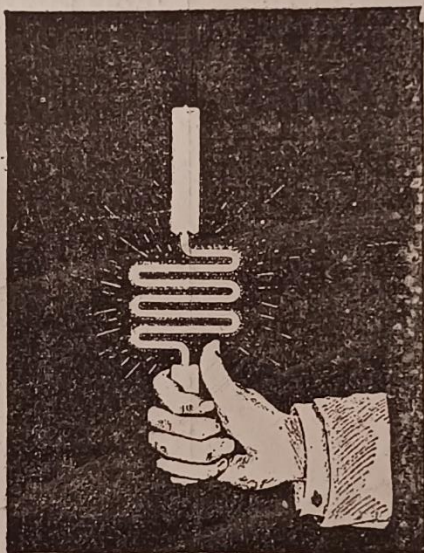


Fig. 2. Phosphorescence. — Fig. 3. Incandescence ou phosphorescence d'un gaz raréfié. — Fig. 4. Luminosité d'un gaz à la pression ordinaire.

l'échauffement du bouton est essentiellement lié à la pression de la matière à l'intérieur de l'ampoule.

L'échauffement est d'autant plus intense que le nombre de chocs par seconde est plus grand et que l'énergie des chocs est plus considérable. Mais le bouton s'échaufferait également s'il était relié à une source de potentiel constant. Dans ce cas l'électricité serait enlevée par les particules mobiles et la quantité d'électricité ainsi emportée pourrait être assez considérable pour porter le bouton à l'incandescence. Mais le bombardement serait négligeable dans ce cas. Pour cette raison la dépense d'énergie serait relativement grande avec un potentiel constant. On obtient l'incandescence d'autant plus économiquement que la fréquence est plus élevée.

Une des causes principales de cet état de choses me semble être que dans le cas des très

hautes fréquences les particules mobiles s'éloignent moins de l'électrode et concentrent la chaleur dans le voisinage immédiat du bouton. Si l'on construit un double globe, comme celui représenté par la figure 5, composé d'un grand globe B et d'un plus petit b, contenant chacun un filament f monté sur un fil de platine w et w_1 , on trouve que, dans le cas où les deux filaments sont de forme identique, il faut moins d'énergie pour obtenir l'incandescence du filament dans le petit globe b que pour l'autre. Cela est dû simplement à ce que l'espace libre autour du filament dans le globe b est plus restreint. On remarque aussi que ce filament se détériore moins rapidement. C'est une conséquence nécessaire du fait que le gaz du petit globe s'échauffe fortement et devient bon conducteur, ce qui réduit le bombardement.

Dans ce dispositif, le petit globe devient très

chaud, et la convection et le rayonnement extérieurs augmentent. J'ai montré des dispositions dans lesquelles cet inconvénient est en grande partie évité. Un petit globe contenant un bouton réfractaire est monté à l'intérieur d'un globe plus grand, dont l'air est raréfié. Le globe extérieur reste relativement froid; il ne s'échauffe pas du tout si l'on a soin de le laisser sur la pompe à vide en fonctionnement continu. J'en conclus que si l'espace vide ne peut conduire la chaleur, comme le trouve le professeur Dewar, il en est ainsi uniquement en raison de notre déplacement rapide à travers l'espace, ou plus généralement par suite du déplacement du milieu par rapport à nous, car un régime permanent ne pourrait être maintenu qu'autant que le milieu serait constamment renouvelé. Le vide ne peut être maintenu autour d'un corps chaud.

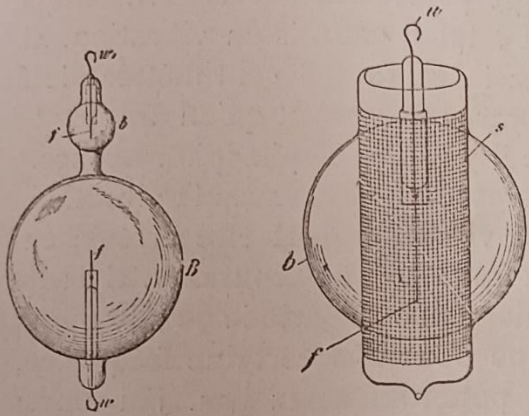


Fig. 5. — Effet de la concentration du gaz autour de l'électrode. — Fig. 6. Inefficacité d'un écran métallique.

Dans le dispositif dont je viens de parler, le petit globe intérieur empêche, au début, tout bombardement contre les parois du globe extérieur. Il m'est venu à l'idée d'examiner comment se comporterait à ce point de vue une toile métallique, et j'ai construit dans ce but différents globes semblables à celui que représente la figure 6.

Un filament f fixé sur une tige de platine w , monté dans un globe b , est entouré d'une toile métallique s . Une toile à mailles larges n'affecte aucunement le bombardement contre le globe b . Dans quelques appareils la toile était reliée à un fil de platine sortant du verre; en la reliant à la seconde borne de la bobine d'induction (après avoir diminué la force électromotrice), ou à une plaque isolée, on diminue le bombardement contre le globe extérieur.

Une toile métallique à mailles étroites diminue toujours le bombardement extérieur, mais ne

peut l'empêcher entièrement, surtout avec un vide très élevé et un haut potentiel. Un tube de verre, au contraire, supprime le bombardement, au début, mais ne produit plus cet effet dès qu'il commence à s'échauffer.

Ces expériences semblent indiquer que les vitesses des molécules ou particules doivent être considérables (quoique insignifiantes en comparaison de la vitesse de la lumière); il serait difficile, autrement, de comprendre comment ces particules peuvent traverser un tamis fin sans être affectées, à moins que l'on n'admette qu'aucune action ne peut s'exercer sur elles directement à des distances mesurables.

Lord Kelvin a estimé récemment à environ un kilomètre par seconde la vitesse des atomes dans un tube de Crookes. Comme les potentiels qu'on peut obtenir avec une bobine à décharges disruptives sont beaucoup plus élevés qu'avec les bobines ordinaires, les vitesses des atomes doivent aussi être plus grandes. En admettant que la vitesse atteigne cinq kilomètres par seconde et qu'elle soit uniforme dans toute la trajectoire, comme elle doit l'être dans l'air très raréfié, on trouverait qu'avec des électrifications alternant cinq millions de fois par seconde, le plus grand parcours que puisse faire une particule serait d'un millimètre, et si elle pouvait être influencée directement à cette distance, l'échange des atomes serait très lent et il ne se produirait pas de bombardement sur les parois du globe. C'est du moins ce qui devrait se passer si l'action d'une électrode sur les atomes du gaz résiduel était de la même nature qu'entre corps électrisés de dimensions perceptibles. Un corps chaud enfermé dans un récipient à air raréfié produit toujours le bombardement atomique, mais sans rythme défini.

Si dans une ampoule contenant un filament on fait le vide avec le plus grand soin, on observe fréquemment que la décharge ne peut se frayer un passage qu'au bout d'un certain temps et produit alors seulement l'incandescence du filament, qui ne semble pouvoir être attribuée à d'autres causes qu'au bombardement ou à une action analogue du gaz résiduel. Mais si l'air est raréfié autant que faire se peut, ces actions jouent-elles un rôle important? Admettons que le vide dans l'ampoule soit assez parfait; tout l'intérêt de la question se concentre alors dans ce point d'interrogation: le milieu qui remplit

l'espace est-il continu ou est-il atomique ? Dans cette dernière alternative, l'échauffement d'un bouton ou d'un filament conducteur dans un récipient raréfié peut être dû en grande partie au bombardement de l'éther, et l'échauffement d'un conducteur, en général, sous l'influence des courants de haut potentiel et de grande fréquence, peut être modifié par l'action particulière de ce milieu ; dans ce cas aussi, l'effet superficiel, l'augmentation apparente de la résistance ohmique, etc., sont susceptibles de recevoir de nouvelles explications.

Il est certainement plus conforme à la manière d'être de nombreux phénomènes observés avec les courants de grande fréquence de penser que l'espace est rempli d'atomes libres, plutôt que d'admettre qu'il en serait dépourvu et par suite qu'il serait obscur et froid, car ce serait la condition d'un milieu continu, qui ne pourrait contenir ni chaleur, ni lumière. L'énergie est-elle donc transmise par des supports indépendants ou par la vibration d'un milieu continu ? Cette question importante est loin d'être résolue d'une façon positive. Mais la plupart des effets que nous considérons ici, et principalement les effets lumineux, l'incandescence ou la phosphorescence, impliquent la présence d'atomes libres et seraient impossibles en leur absence.

En ce qui concerne l'incandescence d'un corps réfractaire dans un récipient à air raréfié, les conditions des expériences principales peuvent se résumer ainsi :

1. Le bouton doit être aussi petit que possible, sphérique, à surface unie ou polie, et en matière réfractaire résistant le mieux possible à l'évaporation.
2. Le support du bouton doit être très mince et protégé par un écran d'aluminium ou de mica, comme je l'ai décrit antérieurement.
3. La raréfaction de l'air doit être poussée au plus haut point.
4. La fréquence des courants doit atteindre le maximum possible en pratique.
5. Les courants varieront harmoniquement, sans interruption brusque.
6. La chaleur doit être concentrée autour du bouton, par exemple en l'enfermant dans un petit globe.
7. L'espace entre les parois des deux globes doit être vide d'air.

La plupart des considérations relatives à l'in-

candescence d'un solide s'appliquent également à la phosphorescence. En effet, dans un récipient raréfié la phosphorescence est excitée par le courant d'atomes émanant de l'électrode et qui vient de frapper le corps phosphorescent. Dans beaucoup de cas même, où le bombardement n'est pas évident, je pense que la phosphorescence est excitée par des chocs violents d'atomes, qui ne sont pas nécessairement arrachés de l'électrode, mais qui sont influencés par celle-ci inductivement par l'intermédiaire du milieu ou de chaînes d'autres atomes.

L'expérience suivante montre le rôle important que jouent les chocs mécaniques. Si l'on fait très soigneusement le vide dans une ampoule construite comme celle de la figure 7, p. 290, de façon que la décharge ne puisse passer, le filament agit par induction électrostatique sur le tube *t* et celui-ci est mis en vibration. Si le tube est assez large (2 à 3 centimètres), le filament peut vibrer si fortement qu'en frappant le tube de verre il y excite la phosphorescence. Mais la phosphorescence cesse avec la vibration du filament. La vibration peut être arrêtée en faisant varier la fréquence des courants. Cela tient à ce que le filament a sa période de vibration propre, et résonne pour une certaine fréquence, même avec un potentiel assez bas. J'ai souvent vu le filament se briser sous l'influence de cette résonance mécanique. En général, la vibration est si rapide qu'elle est imperceptible à la vue.

En effectuant cette expérience avec soin, on peut se servir de potentiels très peu élevés, et c'est pourquoi je pense que la phosphorescence est alors due au choc mécanique du filament contre le verre, tout comme elle se produit quand on frappe un morceau de sucre avec un couteau. On sent parfaitement le choc mécanique des atomes quand on ferme brusquement le courant sur une ampoule que l'on tient à la main. Je crois que l'on pourrait briser une ampoule en observant la condition de résonance.

A propos de l'expérience précitée, il est naturellement permis de dire que le tube de verre, après avoir été mis en contact avec le filament, retient une charge d'un certain signe au point de contact. Lorsque le filament revient toucher le verre au même point et apporte une charge de signe opposé, les charges se neutralisent avec production de lumière. Mais cette explication ne nous apprend rien d'important. Il est in-

dubitable que les charges initiales données aux atomes ou au verre jouent un rôle dans l'excitation de la phosphorescence. Ainsi, par exemple, on excite d'abord une ampoule phosphorescente avec une bobine à haute fréquence, puis on la relie à une machine de Holtz en l'attachant de préférence au pôle positif de la machine; si l'on revient ensuite à la bobine à haute fréquence, la phosphorescence est bien plus intense qu'au début.

Il m'est arrivé aussi de considérer la possibilité de la production de la phosphorescence par l'incandescence d'une couche très mince à la surface du corps. Certainement, les chocs des atomes sont assez puissants pour déterminer une incandescence interne, puisqu'ils portent rapidement à une haute température un corps de volume considérable. Si un effet de ce genre peut exister, le moyen le plus avantageux pour la production de la phosphorescence dans un globe, est une bobine à décharge disruptive donnant un potentiel énorme avec des décharges fondamentales peu nombreuses, soit 25 à 30 par seconde, juste assez pour donner à l'œil une impression continue.

Il est de fait qu'une bobine de ce genre excite la phosphorescence dans presque toutes conditions et à tous les degrés de raréfaction, et j'ai observé des effets attribuables à la phosphorescence même à la pression atmosphérique, avec des potentiels très élevés. Mais si la lumière phosphorescente est déterminée par l'égénération des charges d'atomes électrisés, la production de lumière sera d'autant plus économique que la fréquence des électrifications alternatives sera plus élevée.

Il est un fait avéré et bien remarquable : c'est que tous les corps phosphorescents sont de médiocres conducteurs de l'électricité et de la chaleur, et que tous les corps cessent d'émettre de la lumière phosphorescente quand ils sont portés à une certaine température. Les conducteurs ne possèdent pas ces propriétés. Il y a peu d'exceptions à cette règle. Le carbone fait partie de ces exceptions. Becquerel a remarqué que le carbone devient phosphorescent à une certaine température élevée précédant le rouge sombre. Ce phénomène s'observe facilement dans les globes pourvus d'une électrode de charbon assez volumineuse (par exemple d'une sphère de six millimètres de diamètre). Quand on ferme le courant, on voit sur l'électrode une gaine d'un blanc de

neige, juste avant le rouge sombre. Des effets analogues s'observent avec d'autres corps conducteurs, mais beaucoup de savants se refuseront à les attribuer à une véritable phosphorescence.

Il n'est donc nullement établi d'une façon définitive que l'incandescence intervienne dans la phosphorescence excitée par les chocs, mais il est certain que toutes les conditions qui tendent à localiser et à augmenter l'effet calorifique sont presque invariablement les plus favorables à la production de la phosphorescence. Ainsi, avec une électrode très petite, c'est-à-dire avec une grande densité électrique, un potentiel élevé et un gaz très raréfié, toutes conditions qui impliquent une grande vitesse des atomes projetés, la phosphorescence est très intense.

Dans une ampoule contenant deux électrodes une petite et une grande, la petite électrode peut devenir phosphorescente, sans que l'autre change d'aspect, sa densité électrique étant plus faible. Une ampoule tenue à la main peut ne pas devenir phosphorescente, tandis qu'il suffit d'en approcher un fil pointu pour exciter la phosphorescence, par suite de la grande densité au point de contact.

Avec de basses fréquences, il semble que les gaz de poids atomique élevé excitent une phosphorescence plus intense que les gaz à poids plus léger, comme, par exemple, l'hydrogène. Avec de hautes fréquences, les observations ne sont pas suffisamment nettes pour permettre d'en tirer des conclusions. L'oxygène produit des effets très puissants, qui peuvent être dus en partie à une action chimique. Les électrodes qui se détériorent le plus aisément produisent aussi une phosphorescence plus intense, mais la condition n'est pas permanente, parce que le vide se perd et que les particules de l'électrode se déposent sur les surfaces phosphorescentes. Quelques liquides, comme les huiles, produisent des effets magnifiques de phosphorescence (ou de fluorescence?), mais qui ne durent que quelques secondes.

Parmi tous les corps essayés, le sulfure de zinc est le plus susceptible de devenir phosphorescent. Quelques échantillons que je dois à l'amabilité du professeur Charles Henry, de Paris, ont été essayés. L'un des inconvénients de ce sulfure est qu'il perd son pouvoir émissif de lumière à une certaine température peu

élevée. Il ne peut donc être employé qu'avec de faibles intensités. J'ai remarqué que sous l'influence du bombardement provenant d'une électrode d'aluminium ce corps prend une couleur noire, mais, chose curieuse, il revient à l'état initial en se refroidissant.

Le fait le plus important qui résulte de ces observations est qu'il est dans tous les cas nécessaire, pour obtenir la phosphorescence avec le minimum d'énergie, d'observer certaines conditions. Ainsi, pour chaque fréquence, chaque degré de raréfaction et pour chaque corps, il existe un certain potentiel donnant le résultat le plus économique. En augmentant le potentiel, on peut dépenser beaucoup d'énergie sans accroître sensiblement l'intensité de la lumière. Les conditions les plus favorables semblent dépendre de circonstances nombreuses et très diverses, et devront encore être longuement étudiées.

J'arrive maintenant au plus intéressant de ces phénomènes, l'incandescence ou la phosphorescence des gaz à basse pression ou à la pression atmosphérique. Il faut chercher l'explication de ce phénomène dans les mêmes causes primaires, c'est-à-dire dans le choc des atomes. De même que les molécules ou atomes heurtant un corps solide déterminent la phosphorescence de celui-ci et le rendent incandescent, de même leurs collisions mutuelles produisent des phénomènes similaires. Mais l'explication est insuffisante et ne s'applique qu'en mécanisme brutal. La lumière est produite par des vibrations qui se propagent avec une vitesse presque inconcevable. Si nous calculons d'après l'énergie contenue sous forme de radiations connues dans un espace défini la force qui est nécessaire pour produire des vibrations d'une telle rapidité, nous trouvons que, bien que la densité de l'éther soit incomparablement plus petite que celle d'aucun des corps que nous connaissons, même l'hydrogène, cette force est quelque chose qui dépasse l'imagination.

Qu'est cette force qui, en mesure mécanique, peut atteindre des milliers de tonnes par centimètre carré ? C'est la force électrostatique, comme on l'admet aujourd'hui. Il est impossible de concevoir comment un corps de dimensions mesurables pourrait être chargé à un potentiel si élevé que la force pût suffire à produire ces vibrations. Longtemps avant que cette

charge soit atteinte, ce corps serait désagrégé et ses atomes dispersés. Le soleil émet lumière et chaleur, et il en est de même d'une flamme ordinaire ou d'un filament incandescent, mais ni dans l'un ni dans l'autre cas on ne peut concevoir la force, si l'on admet que celle-ci forme un tout avec le corps. Le seul moyen d'expliquer cette association, c'est d'identifier le soleil à l'atome. Un atome est si petit que, s'il est chargé en venant au contact d'un corps électrisé, et que la charge soit supposée suivre la même loi que dans le cas de corps de dimensions mesurables, il retiendra une quantité d'électricité absolument capable de rendre compte de ces forces énormes et de ces vitesses effrayantes de vibration. Mais l'atome se comporte d'une façon singulière à cet égard ; il prend toujours la même « charge ».

Il est très probable que la vibration résonante joue un rôle des plus importants dans toutes les manifestations de l'énergie dans la nature. A travers l'espace toute matière vibre, et l'on rencontre toutes les vitesses de vibration, depuis la note musicale la plus grave jusqu'au diapason le plus élevé des rayons chimiques. Tout atome ou groupe d'atomes doit donc, quelle que soit sa période d'oscillation, trouver des vibrations avec lesquelles il soit en résonance. Quand nous considérons la rapidité énorme des vibrations lumineuses, nous nous rendons compte de l'impossibilité de produire directement ces vibrations avec aucun appareil de dimensions mesurables, et nous sommes conduits au seul moyen possible d'arriver à produire des ondes lumineuses électriquement et économiquement, c'est-à-dire à affecter les molécules ou atomes d'un gaz, à provoquer leur collision et leur vibration. Nous devons alors nous demander comment des molécules ou des atomes libres peuvent être affectés.

Ils peuvent l'être par la force électrostatique ; en faisant varier cette force nous pouvons agiter les atomes et les faire se choquer avec production de chaleur et de lumière. Il n'est pas démontré que nous pouvons les affecter autrement. Quand la décharge passe dans une ampoule raréfiée, les atomes obéissent-ils à une autre force que la force électrostatique s'exerçant en ligne droite ?

C'est seulement récemment que j'ai examiné l'action mutuelle entre deux circuits avec des

vitesse de vibration extrêmes. En déchargeant une batterie cc , cc (fig. 7) dans un primaire P de faible résistance avec une fréquence de vibration de plusieurs millions d'oscillations, il existe de grandes différences de potentiel entre des points distants seulement de quelques centimètres. Ces différences peuvent être de 4000 volts par centimètre, sinon plus encore, en considérant la différence de potentiel maxima. Le secondaire s est donc soumis à l'induction électrostatique qui, dans ces conditions extrêmes, est beaucoup plus importante que l'induction électrodynamique. Pour des impulsions aussi rapides, le secondaire comme le primaire sont de médiocres conducteurs; l'induction électrostatique peut donc produire de grandes différences de potentiel entre des points très voisins. Des étincelles peuvent alors se produire entre les fils, et des flammes deviennent visibles dans l'obscurité.

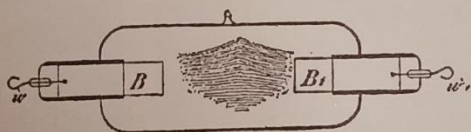
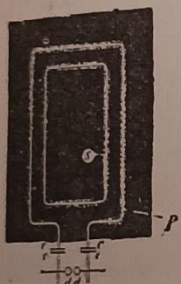


Fig. 7. — Induction électrostatique avec des fréquences élevées. — Fig. 8. Dépôt de charbon dans un champ magnétique.

Si nous substituons maintenant au secondaire s un tube à air raréfié, les différences de potentiel qui s'y produisent sont assez grandes pour en exciter certaines parties; mais comme les points à une certaine différence de potentiel sur le primaire ne sont pas fixes, il se produit dans le tube une bande lumineuse qui ne semble pas toucher le verre, comme elle le ferait si les maxima et les minima de différence de potentiel étaient fixes sur le primaire. Je ne nie pas la possibilité de l'action de l'induction électrodynamique, car de très distingués physiciens l'admettent; mais à mon avis on n'a pas donné de preuve positive que les atomes de gaz dans un tube fermé puissent se disposer en chaînes sous l'action d'une impulsion électromotrice produite par l'induction électrodynamique.

Il ne m'a pas été possible de produire des stries dans un tube, quelque long qu'il soit et quel que soit son degré de raréfaction, c'est-à-

dire des stries à angle droit avec la direction supposée de la décharge ou l'axe du tube; mais dans une grande ampoule, dans laquelle une large bande lumineuse était produite par la décharge d'une batterie traversant un fil entourant le globe, j'ai distinctement observé un cercle de faible luminosité entre deux bandes lumineuses dont l'une était plus intense que l'autre. D'après l'expérience que j'ai pu acquérir, je ne pense pas qu'une semblable décharge dans un gaz puisse vibrer comme un tout. Les atomes de gaz se comportent d'une façon curieuse sous l'influence d'impulsions électriques rapides. Le gaz ne semble pas posséder une inertie appréciable puisque la décharge passe d'autant plus facilement que la fréquence des impulsions est plus grande. Si le gaz ne possède pas d'inertie, il ne peut pas vibrer, car il faut un peu d'inertie dans la vibration libre.

Je conclus de ces considérations que dans une décharge de foudre entre deux nuages il ne peut y avoir une oscillation qui dépendrait de la capacité des nuages. Mais lorsque la foudre atteint la terre, il y a toujours une vibration — dans la terre, mais non dans les nuages.

Dans la décharge à travers un gaz chaque atome vibre à sa propre vitesse, mais la masse entière prise comme un tout n'est pas mise en vibration. C'est là une considération importante pour le problème de la production économique de la lumière, car elle nous apprend que pour atteindre ce résultat nous devons nous servir d'impulsions de très haute fréquence et nécessairement aussi de haute tension.

On sait que l'oxygène produit une lumière plus intense dans un tube. Est-ce parce que les atomes de l'oxygène possèdent quelque inertie et que la vibration ne s'éteint pas immédiatement? Mais alors l'azote devrait se comporter de même, et le chlore et les vapeurs de beaucoup d'autres corps seraient plus favorables que l'oxygène, à moins, toutefois, que les propriétés magnétiques de celui-ci ne jouent quelque rôle. Ou bien le processus dans le tube est-il de nature électrolytique? Beaucoup d'observations militent en faveur de cette idée, la plus importante étant que la matière est toujours arrachée de l'électrode et que le vide ne peut être maintenu d'une façon permanente.

Si de semblables effets se produisent réellement, nous aurons recours aux grandes fré-

quences, avec lesquelles l'action électrolytique doit être réduite à un minimum, si elle n'est pas entièrement impossible. Il est indéniable qu'avec de très hautes fréquences, pourvu que les impulsions soient harmoniques, comme celles que donne un alternateur, il y a moins de détérioration et le vide est plus permanent. Les décharges disruptives donnent des variations brusques de potentiel, et détériorent plus rapidement les électrodes. On a observé dans quelques grands tubes pourvus de gros blocs de charbon B B₁ (fig. 8) et employés avec la décharge disruptive, que les particules de charbon sont déposées, sous l'influence d'un champ magnétique puissant, en lignes régulières au milieu du tube, comme l'indique la figure. Ces lignes furent attribuées à la déviation ou torsion de la décharge par le champ magnétique, mais on ne put s'expliquer nette-

ment pourquoi le dépôt se localisait dans les parties les plus intenses du champ. Un fait également intéressant est que la présence d'un champ magnétique puissant accélère la détérioration des électrodes, probablement en raison des interruptions rapides qu'il produit et qui déterminent une différence de potentiel plus élevée entre les électrodes.

Il resterait beaucoup à dire sur les effets lumineux produits dans les gaz à basse pression et à la pression ordinaire. Avec les expériences actuelles, nous ne pouvons pas dire que la nature essentielle de ces phénomènes si attachants soit suffisamment connue. Mais les recherches sont poursuivies dans cette voie avec une ardeur exceptionnelle. Toutes les branches des recherches scientifiques ont leur fascination, mais les recherches électriques semblent posséder un

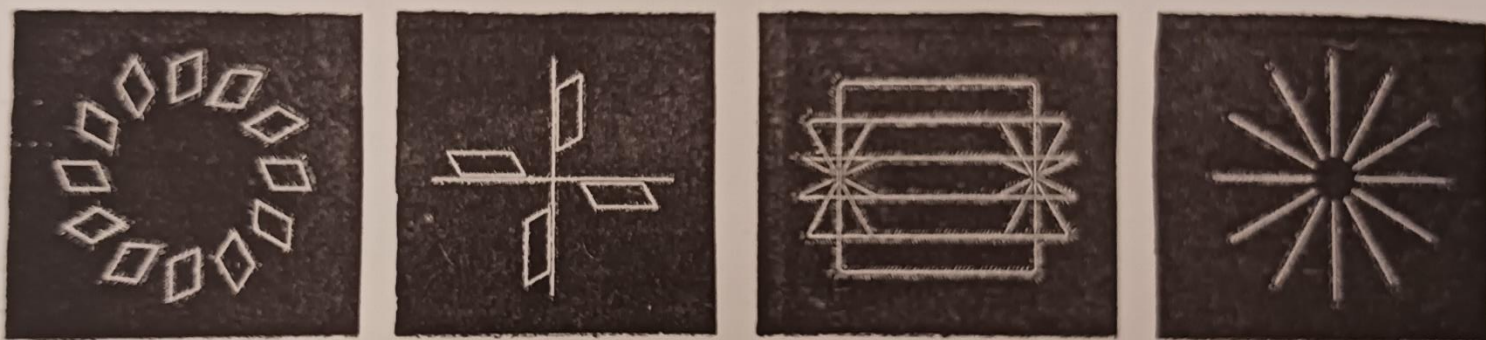


Fig. 9. — Figures lumineuses produites par les décharges intermittentes.

attrait particulier, car il n'est pas d'expérience ni d'observation dans le domaine de cette science admirable qui n'attire notre attention.

Il me semble que, de toutes les merveilles que nous observons, un tube à vide, excité par une source d'électricité éloignée, perçant l'obscurité et nous éclairant de sa magnifique lumière, est un des phénomènes les plus admirables qui puissent réjouir nos yeux. Il est plus intéressant encore, en réduisant le nombre de décharges fondamentales et en imprimant au tube des mouvements rapides, de combiner toutes sortes de lignes lumineuses. Ainsi, je prends, par exemple, un long tube droit, ou un tube recourbé en rectangle, ou encore un rectangle fixé à un tube droit, et, en le faisant tourner rapidement, j'imité les rais d'une roue, l'anneau Gramme, l'enroulement en tambour, ou l'enroulement d'un moteur à courants alternatifs, etc. (fig. 9). Vu de loin, l'effet est faible et perd de sa beauté, mais en s'approchant on ne saurait résister à son charme.

En présentant ces résultats insignifiants, je n'ai pas cherché à les arranger et à les coordonner comme il conviendrait pour des investigations purement scientifiques dont chaque résultat découle logiquement du précédent, de sorte qu'il puisse être prévu d'avance par le lecteur intéressé ou par l'auditeur attentif. J'ai prêté mon attention principalement sur l'exposé de faits nouveaux ou d'idées qui puissent en suggérer d'autres, et c'est là ce qui excuse le manque d'harmonie. Les explications des phénomènes que j'ai émises l'ont été de bonne foi et dans la disposition d'esprit d'un chercheur qui espère leur voir donner par d'autres une meilleure interprétation. Si le monde paie cher l'adoption des erreurs des grands esprits, il ne saurait heureusement souffrir grand mal de ce qu'un étudiant expose des vues erronées.

N. TESLA.

pourvu d'une encoche triangulaire G. Pour faire le vide, on fixe, au moyen du collier H, le tube à vide K dans l'ouverture E de l'embase B, puis on amène, en tournant C avec une clef, par ses talons f , l'encoche G devant E. Le vide fait, on tourne C de manière à fermer cette ouverture. Les attaches, scellées en P, aboutissent aux bornes $m m$, fixées sur l'isolant d .

M. Frei a récemment proposé, pour faciliter le remplacement des filaments, le dispositif

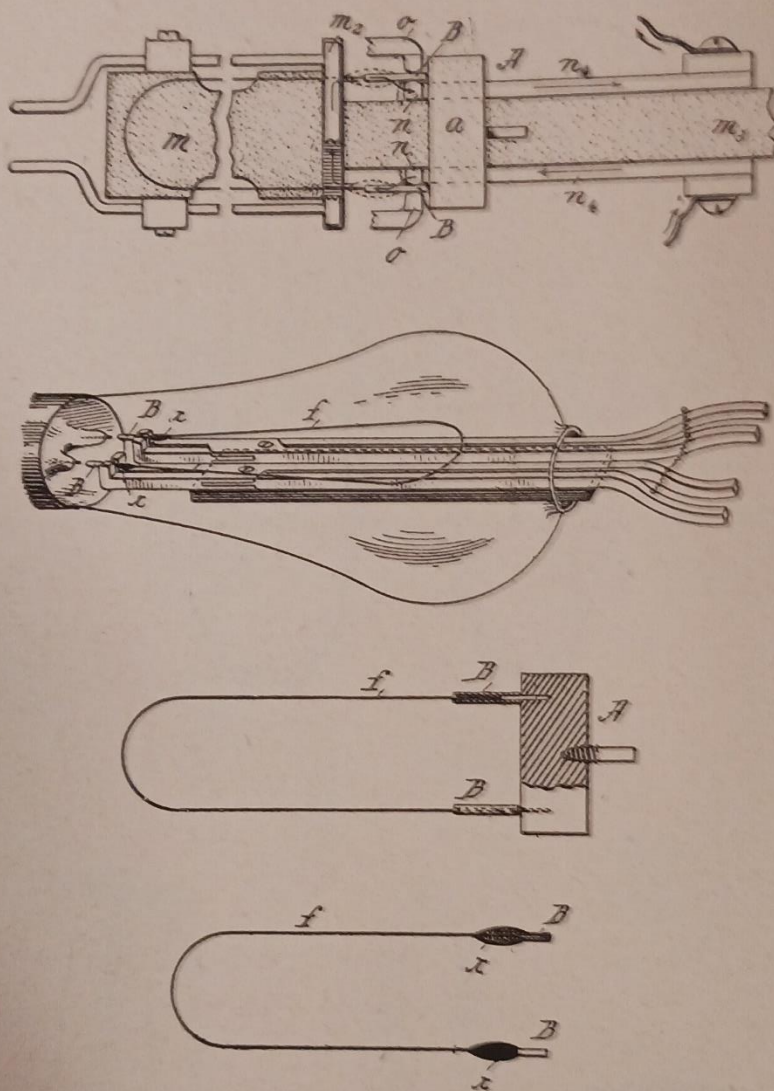


Fig. 24 à 27. — Frei. Appareils à poser les filaments (1893)

représenté par les figures 20 à 23 et qui consiste essentiellement en une fausse monture A, qui permet de relier très facilement la lampe au circuit de flambage $w w$, après qu'on y a remplacé le filament et fait le vide par le tube z .

Les figures 21 à 23 supposent le système appliqué à des lampes dont les bornes ont la forme représentée en y et x sur la figure 23. Quand on pousse la fausse monture sur le culot de la lampe, y fait contact avec sa borne b , et x avec la borne g , par les ressorts d, d , dont les crochets ii , ii s'y attachent en g . Il ne reste plus alors, pour faire passer le courant dans la lampe, qu'à

saisir les bornes g' et f' par les mâchoires s et s' de l'accouplement B, qui les applique sur les lamelles l et l' reliées aux fils $w w$ du circuit.

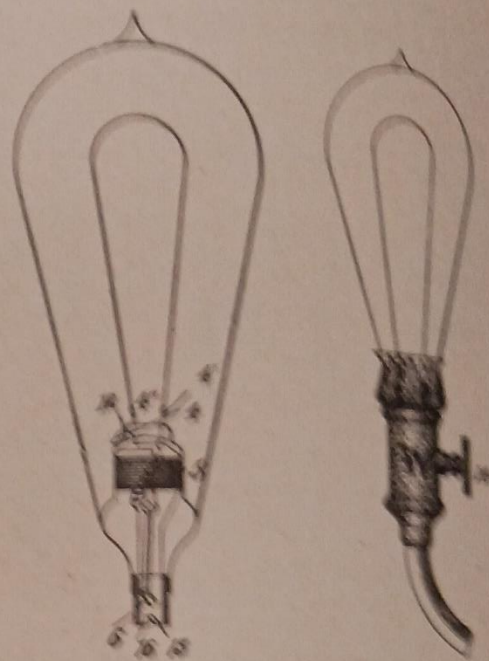


Fig. 28 et 29. — Lampe à interrupteur Moore (1893)

Quant à la pose même des nouveaux filaments, elle se fait au moyen de l'appareil représenté par les figures 24 à 27. Le filament nouveau f est enfilé dans les deux gaines $B B$ de ses futures

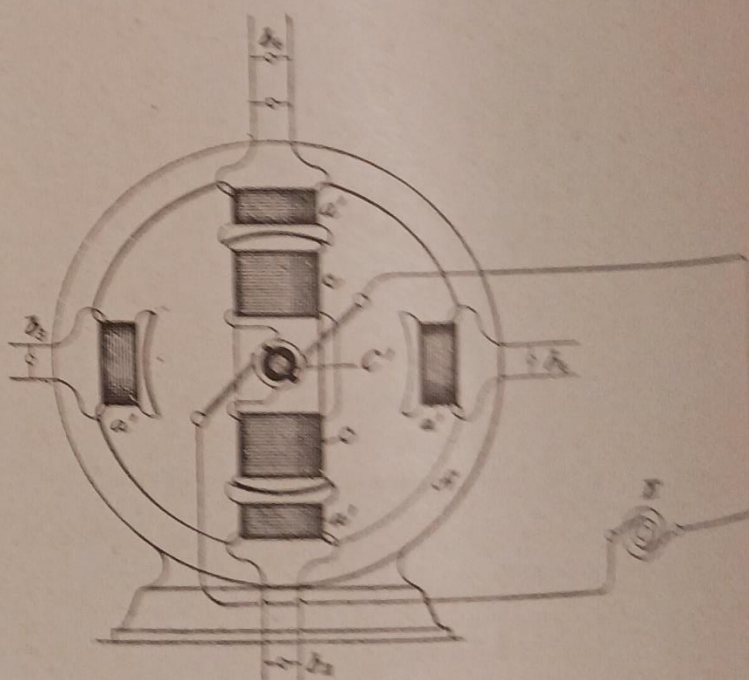


Fig. 30. — Circuit à courants interrompus Einhorn (1893)

attaches, fixées à une plaque isolante A, posé sur une planchette m' , à serrage métallique m^3 , isolé m^2 , qui maintient le filament et qui est pourvue de deux conducteurs $n_1 n_2$, reliés aux bornes d'un circuit. Quand on serre par les pincettes isolées $o o$ les gaines $B B$ sur les contacts isolés $n n$, le courant passe, par $N^1 B m^2$, au

sont donc à conserver pour être réalisées l'une à défaut de l'autre.

Ceci s'applique uniquement au cas de deux machines; dans le cas d'un nombre quelconque de machines, les deux conditions doivent être simultanément remplies et ne font aucunement double emploi.

M. Blondel est d'accord avec M. Boucherot sur ce dernier point, qu'il a du reste indiqué dans son mémoire, mais il fait une petite réserve sur le premier.

Toutes les fois que la machine en retard marche en réceptrice, la machine en avance absorbe bien en général une puissance supérieure à la puissance *moyenne* maxima du moteur, mais si celui-ci est à couple très variable le couple maximum pourrait être suffisant pour produire le décrochage des deux alternateurs à vide, et, dans ce cas, la marche en réceptrice seule serait capable de l'empêcher.

M. Picou répond ensuite à l'invitation de M. Blondel. Il rappelle qu'il y a cinq ou six ans il eut à s'occuper de la question du couplage des alternateurs du type Ganz pour l'installation de ces machines dans une ville importante.

Les essais réussirent parfaitement à l'atelier, en se servant de la méthode bien connue de l'indicateur de phases. Il n'était même pas absolument nécessaire que celles-ci fussent en parfaite coïncidence. Mais les machines une fois installées, les difficultés furent tout autres; les alternateurs montés sur une même transmission et en escalier se décrochaient très facilement.

Ces difficultés furent attribuées à la différence des courroies; on en fut réduit à les tendre à l'aide de vis et on s'aperçut qu'une variation de tension infinitésimale produisait une différence très grande dans la facilité du couplage.

Dans un second essai, deux machines d'une forte puissance étaient commandées par des moteurs séparés, mais à des distances différentes des alternateurs. Ceux-ci étaient placés de façon à ce que leurs axes fussent sur le prolongement l'un de l'autre; en regardant dans cette direction on pouvait voir alors le déplacement de chaque machine par rapport à l'autre et suivre ainsi l'opération de la synchronisation ou du décrochage. Les difficultés furent les mêmes que dans le cas précédent, un peu moindres cependant.

Les conclusions pratiques qu'on avait tirées de ces essais pour les conditions favorables au cou-

plage étaient : une grande inertie de la dynamo, des liaisons mécaniques aussi faibles que possible, et des liaisons électriques aussi courtes et peu résistantes que possible.

M. Picou termine en rappelant que le diagramme des efforts sur le bouton de manivelle d'un moteur à vapeur ne ressemble en rien au diagramme des efforts sur le piston tel que le trace l'indicateur de Watt, et cela en raison des effets de l'inertie des pièces en mouvement alternatif, qui tendent à régulariser l'effet.

Sur la dissipation de l'énergie électrique dans le résonateur de Hertz, par M. Nikola Tesla ⁽¹⁾.

Tous ceux qui ont eu le plaisir d'assister aux belles démonstrations avec les diaphragmes vibrants présentées par M. Bjerknes à l'Exposition universelle de 1889 ont admiré son habileté et le soin extrême apporté par lui dans toutes ses expériences. Les expériences sur la dissipation de l'énergie dans le résonateur de Hertz ⁽²⁾ ont été conduites avec la même sagacité, et les conclusions qui peuvent en être tirées sont des plus intéressantes, puisqu'elles concordent avec les théories émises par les savants les plus éminents. Les considérations qui suivent peuvent servir à expliquer en partie les résultats obtenus par une voie différente, et je voudrais appeler l'attention sur une condition que rencontre l'expérimentateur dans une investigation comme celle de M. Bjerknes.

L'appareil, oscillateur et résonateur, étant plongé dans l'air ou un autre milieu discontinu, il se produit une dissipation de l'énergie électrique par ce que l'on pourrait appeler des *ondes sonores électriques* ou des *ondes sonores d'air électrisé*. Dans les expériences de M. Bjerknes principalement, cette dissipation dans le résonateur mérite d'être prise en considération, quoique les ondes sonores — s'il est permis d'employer ce terme — qui émanent de la surface de l'oscillateur puissent affecter considérablement les observations faites à une certaine distance de celui-ci. Par suite de cette dissipation, la période de vibration d'un condensateur à air ne peut être déterminée exactement, et j'ai déjà appelé l'attention sur ce fait important.

⁽¹⁾ *The Electrical Engineer*, 21 décembre 1892.

⁽²⁾ *La Lumière Electrique*, t. XLVI, p. 495.

Ces ondes se propagent normalement aux surfaces chargées lorsque ces charges sont alternatives, et la dissipation se produit, même quand les surfaces sont couvertes d'une bonne couche isolante. En supposant que la « charge » communiquée à une molécule soit par contact direct soit par induction, est proportionnelle à la densité électrique à la surface, la dissipation devrait être proportionnelle au carré de la densité et au nombre d'ondes par seconde. Il faut dire que cette supposition ne concorde pas avec quelques observations qui semblent montrer qu'un atome ne peut prendre qu'une certaine charge maxima ; la charge communiquée peut donc être pratiquement indépendante de la densité à la surface, mais cette circonstance n'a pas d'importance, relativement aux phénomènes que nous considérons. Ce point, ainsi que plusieurs autres, ne seront éclaircis que lorsqu'on aura effectué des déterminations quantitatives précises.

Actuellement, il semble établi par les expériences avec les courants à haute fréquence que cette dissipation de l'énergie émanant par exemple d'un fil est presque proportionnelle à la fréquence des alternances, et augmente très rapidement lorsque le diamètre du fil diminue beaucoup. A ce propos, les résultats récemment publiés par MM. Ayrton et Kilgour, sur « l'émissivité thermique des fils fins dans l'air » sont curieux. Des fils très fins sont capables de dissiper une quantité d'énergie relativement grande par l'agitation de l'air environnant, lorsqu'on les relie à une source de force électromotrice alternant rapidement. Dans le cas d'un fil chaud, il faut naturellement admettre que l'augmentation de l'émissivité est due à la convection plus rapide et non à un rayonnement plus intense. Si l'on démontrait l'exactitude de cette dernière hypothèse, on trouverait qu'un fil chauffé se comporte à certains égards comme un fil dont la charge alterne rapidement, la dissipation de l'énergie par unité de surface maintenue à une certaine température dépendant de la courbure de cette surface.

Dans le cours de mes expériences, un certain nombre d'observations ont été faites sur les particularités que présentent les fils fins. J'ai remarqué, par exemple, que dans le radiomètre de Crookes, les ailettes sont repoussées plus fortement lorsque le fil de platine incandescent est très fin. Cette observation me permit de pro-

duire la rotation de ces ailettes montées dans un tube à vide, en plaçant celui-ci dans un champ électrostatique alternatif. Cela ne prouve rien en ce qui concerne le rayonnement, puisque dans l'air très raréfié les phénomènes sont principalement dus au bombardement moléculaire ou à la convection.

Lorsque j'entrepris de produire l'incandescence d'un fil enfermé dans une ampoule en le reliant seulement à une borne d'un transformateur à haute tension, je fis un grand nombre d'essais sans aucun succès. Dans une occasion, j'avais monté à l'intérieur d'un globe un fil de platine fin, mais mon appareil n'était pas capable de produire l'incandescence. Je construisis d'autres globes en réduisant beaucoup la longueur du fil, modifications qui n'amènèrent pas de résultat plus favorable. Il me vint alors à l'idée d'augmenter autant que possible la surface du fil, mais de réduire les dimensions du globe de verre, et d'employer en même temps un fil excessivement fin. En amenant le courant, le fil fut immédiatement détruit. Une série d'autres expériences montrèrent qu'avec un fil de très petit diamètre la quantité d'énergie dissipée par unité de surface était beaucoup plus grande que celle prévue, même en admettant qu'elle fût proportionnelle au carré de la densité électrique. Il semble aussi établi qu'en augmentant la densité, la dissipation est plus rapide pour les fils fins que pour les gros fils.

Les effets observés dans l'air raréfié avec des courants à haute fréquence diminuent simplement d'intensité dans l'air à la pression ordinaire. Deux fils très fins attachés aux bornes d'une bobine à haute fréquence sont capables d'émettre une quantité appréciable d'énergie. Quand la densité est très grande, la température des fils peut être élevée d'une façon sensible, et dans ce cas la plus grande partie de l'énergie dissipée à cause de la présence d'un milieu discontinu est probablement transformée en chaleur à la surface ou très près des fils. Cet échauffement ne pourrait se produire dans un milieu possédant l'une des deux propriétés suivantes : incompressibilité parfaite ou élasticité parfaite. Dans les isolants liquides, comme les huiles, qui sont pourtant loin d'être incompressibles ou élastiques relativement au déplacement électrique, l'échauffement est beaucoup plus faible par suite de la continuité du fluide.

Quand la densité électrique à la surface des fils est faible, il n'y a pas d'échauffement local appréciable; néanmoins, de l'énergie se trouve dissipée dans l'air par des ondes qui ne diffèrent des ondes sonores ordinaires que parce que l'air est électrisé. Ces ondes sont particulièrement constatées lorsqu'on lance les décharges d'une batterie puissante à travers une barre métallique courte et épaisse, le nombre des décharges par seconde étant très petit. L'observateur peut sentir le remous de l'air à des distances de deux mètres et plus de la barre, surtout s'il a la précaution de s'asperger les mains ou le visage avec de l'éther. Ces ondes ne peuvent être entièrement arrêtées par l'interposition d'une plaque métallique isolée.

La plupart des remarquables phénomènes de déplacement mécanique, de son, de chaleur et de lumière impliquent la présence d'un milieu destructeur gazeux, c'est-à-dire consistant en supports indépendants capables de se mouvoir librement.

Lorsqu'on place une plaque de verre près d'un condensateur dont la charge est alternée, la plaque émet un son. Ce son est dû à l'afflux rythmique de l'air contre la plaque. J'ai aussi trouvé que le son émis par un condensateur, phénomène observé par sir William Thomson, est dû à la présence de l'air entre ou près des surfaces chargées.

Lorsqu'une bobine à décharges disruptives est immergée dans de l'huile, on observe que la surface de l'huile est agitée. On pourrait croire que ce résultat provient des déplacements que provoqueraient les tensions variables; mais ce n'est pas le cas. C'est l'air au-dessus de la couche de liquide qui se trouve agité et qui produit l'agitation de la surface. Les déplacements qui proviennent des tensions électrostatiques variables sont insignifiants. L'action de l'air se manifeste d'une façon curieuse; car si l'on approche de la surface de l'huile la pointe d'une barre métallique que l'on tient à la main, l'air forme dans l'huile un trou profond de 5 centimètres, les molécules d'air étant violemment projetées par la pointe.

Ces considérations peuvent s'appliquer d'une manière générale aux recherches sur les courants à haute fréquence et à haute tension, mais elles ont aussi une signification directe dans les expériences de M. Bjerknes, en ce sens que l'effet

superficiel (skin effect) est accru par l'action de l'air. Imaginons un fil plongé dans un milieu dont la conductibilité serait une fonction de la fréquence et à la différence de potentiel, mais une fonction telle que la conductibilité croisse lorsque l'un ou l'autre de ces deux facteurs est augmenté. Dans un tel milieu, plus la fréquence et la tension sont élevées, plus le courant qui fuira à travers le milieu sera intense, et plus petite sera la partie du courant qui passera à travers les portions centrales du fil. Dans le cas d'un fil dans l'air et traversé par un courant à haute fréquence, la facilité avec laquelle l'énergie est disposée peut être considérée comme l'équivalent de la conductibilité; et l'analogie serait tout à fait complète si l'on ne se trouvait pas, à côté de l'air, en présence d'un autre milieu, la dissipation totale étant modifiée par la présence de l'air à un degré qui n'a pas encore été déterminé. Quoi qu'il en soit, je crois pouvoir conclure que les résultats obtenus par M. Bjerknes sont affectés par la présence de l'air dans les conditions suivantes :

1. La dissipation de l'énergie lorsque le résonateur est plongé dans l'air est plus rapide que si le milieu était pratiquement continu, comme dans le cas de l'huile.
2. La dissipation due à la présence de l'air rend plus accentuée la différence entre les métaux magnétiques et non magnétiques.

La première conclusion est une conséquence directe des remarques précédentes; la seconde est tirée de ces deux faits que le résonateur reçoit toujours la même quantité d'énergie indépendante de la nature du métal, et que le magnétisme du métal augmente l'inductance du circuit. Un résonateur en métal magnétique se comporte virtuellement comme si le circuit était plus long. Il se forme une plus grande différence de potentiel par unité de longueur, quoique ceci puisse ne pas se manifester dans la déviation de l'électromètre, par suite de la dissipation latérale. L'effet de l'élévation de l'induction est démontré d'une manière frappante dans les deux expériences de M. Bjerknes, lorsque du cuivre est déposé sur un fil de fer, et du fer déposé sur un fil de cuivre. Il fallait une grande épaisseur de cuivre dans le premier cas, mais une faible épaisseur de fer dans le second.

En m'appuyant sur ces considérations, je crois que dans les expériences de M. Bjerknes, qui l'ont d'ailleurs conduit à des conclusions sans aucun doute correctes, l'air est un facteur aussi important sinon plus important que la résistance des métaux.

A. H.

Piles voltaïques à électrolytes fondus,
par M. J. Brown ⁽¹⁾.

Si toute la chaleur dégagée par les réactions chimiques qui s'effectuent au sein d'une pile était employée à produire le courant, la force électromotrice E de la pile s'en déduirait facilement. En effet, en admettant que 1 coulomb décompose $0,1035 \times 10^{-4}$ de l'équivalent électrochimique du corps, exprimé en grammes, on aurait $E = \frac{Q}{10\,000} \times 0,432$, pour la force électromotrice exprimée en volts, Q étant la chaleur dégagée par la réaction dont la pile est le siège quand un équivalent d'un des corps qui réagissent est décomposé.

On sait que de nombreuses expériences effectuées sur les piles à électrolytes dissous ont donné des résultats en désaccord avec cette formule. Le désaccord pouvant être attribué à des réactions secondaires dues à la présence du dissolvant, M. Brown a effectué de nouvelles recherches avec des piles à électrolytes fondus.

La figure 1 représente la forme de pile adoptée dans la plupart des expériences. A est un tube de verre dur dont la coudure chauffée par un brûleur Bunsen contient l'un des électrolytes fondus; C est le fil métallique formant l'une des électrodes. Le second électrolyte est placé dans le tube B fermé à sa partie inférieure par un tampon d'amiante qui joue le rôle d'une paroi poreuse; la seconde électrode de la pile est constituée par le fil D.

Quand l'un des métaux employés était fusible dans les conditions des expériences, on le plaçait en g dans le tube B (fig. 2) au-dessus d'un tampon d'amiante e ; entre ce tampon et celui qui ferme l'extrémité inférieure du tube est situé l'électrolyte fondu; enfin, un fil de cuivre f plon-

geant dans le métal fondu forme l'un des pôles de la pile.

Lorsque les deux métaux étaient facilement fusibles, l'élément de pile était constitué par deux pipes en terre placées côte à côte. Les métaux fondus étaient respectivement placés au fond des fourneaux; les électrolytes, situés au-dessus des métaux, étaient réunis par une mèche d'amiante à cheval sur les bords en contact des deux pipes; les deux pôles étaient constitués par des fils de cuivre plongés dans les métaux fondus et sortant par les tuyaux des pipes.

Les forces électromotrices de ces piles étaient mesurées à l'aide d'un électromètre Thomson.

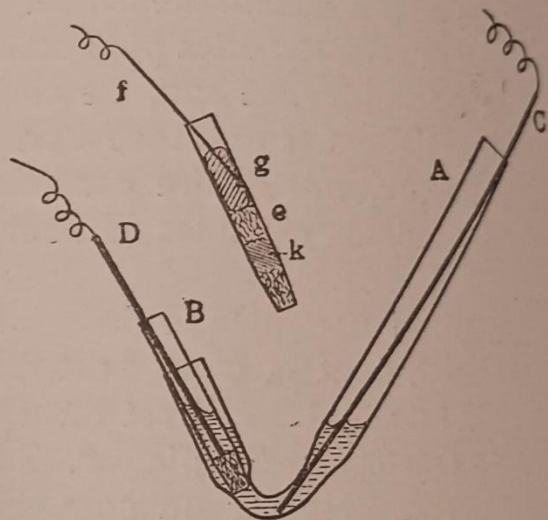


Fig. 1 et 2.

gradué au moyen d'un élément Daniell ayant 1,13 volt pour force électromotrice.

Une première série de mesures fut effectuée en prenant pour électrolytes des chlorures métalliques fondus et pour électrodes les métaux correspondants; en d'autres termes, les piles étaient de la forme

Etain | chlorure d'étain | chlorure de zinc | zinc.

Ces piles, souvent appelées *piles réversibles*, présentent l'avantage de ne pas présenter de polarisation sensible et d'avoir, par suite, une force électromotrice parfaitement déterminée. D'ailleurs, l'auteur s'est assuré directement, pour quelques-unes des piles étudiées, que la force électromotrice conserve la même valeur après que l'élément a été mis en court circuit pendant quelque temps ou après qu'il a été traversé par le courant d'une autre pile mise en opposition.

Le tableau suivant donne les forces électromotrices observées et les forces électromotrices

⁽¹⁾ *Proceeding of the Royal Society*, juin 1891, t. LII, p. 75-91.

Expériences de décharges électriques de haute fréquence, par A. Campbell Swinton (1).

L'auteur a pu faire passer au travers de son corps, d'une main à l'autre, suffisamment d'électricité pour amener presque à l'incandescence complète une lampe de 5 bougies (100 volts) ou porter au rouge le filament d'une lampe de 32 bougies (100 volts). La sensation éprouvée était pratiquement nulle.

L'appareil employé était une grande bobine d'induction de Apps, susceptible de donner 25 centimètres d'étincelle; elle fonctionnait sur une distribution de courant continu à 105 volts avec une résistance interposée de huit lampes de 50 bougies en quantité et avec un interrupteur ordinaire. L'énergie au circuit primaire, indépendamment de la perte dans la résistance et à l'interrupteur était d'environ 350 watts ou près d'un demi-cheval de puissance électrique. Les bornes positive et négative du circuit secondaire de la bobine communiquaient respectivement aux armures interne et externe de trois bouteilles de Leyde d'un demi-gallon en quantité. La décharge disruptive de cette batterie passant dans un intervalle d'environ 6 millimètres alimentait le circuit primaire d'une bobine de haute fréquence analogue à celles employées par M. Tesla et par le professeur Thompson; l'enroulement secondaire de cette bobine se composait de 500 spires de fil n° 26 S W G couvert de coton et enroulé sur un tube de papier. Extérieurement à ce tube de papier il y avait un tube de verre supportant les 10 spires du primaire formées de fils parallèles n° 16 couverts de gutta et coton. Toute la bobine plongeait dans l'huile...

Les faits observés quand on reçoit les décharges sur la peau ou par l'intermédiaire d'un conducteur métallique, l'incandescence de la lampe tenue en main et la lueur phosphorescente de l'ampoule ont été reproduits par l'auteur; il les accompagne de quelques observations.

Ainsi pour produire l'incandescence du filament de la lampe telle qu'il l'obtient, il faudrait environ 1/5 d'ampère avec un courant continu. M. Swinton incline à penser que cela montre que l'on peut obtenir avec un très faible courant de haute fréquence des effets qui

ne peuvent être obtenus des courants continus ou alternatifs ordinaires beaucoup plus intenses; le courant de haute fréquence dans la lampe ne passe probablement qu'à la surface même du filament dont la résistance virtuelle est alors grande, une très faible section du filament agissant comme conductrice; la lampe en fait cesse d'être une lampe de 100 volts, elle peut devenir une lampe de 100 000 volts. On doit ajouter comme une confirmation de cette hypothèse que des étincelles passent pendant l'incandescence de la lampe d'une borne à l'autre; elles prouvent qu'il y a quelques milliers de volts de différence de potentiel entre les deux extrémités du filament.

L'auteur rapporte également un certain nombre de faits mettant en évidence l'influence bien connue de la capacité dans les effets obtenus avec la bobine de haute fréquence et il indique dans quelques-unes de ses expériences la tendance manifeste du filament de la lampe à vibrer à l'unisson de l'interrupteur de la bobine d'induction.

Les effets physiologiques et autres des courants de haute fréquence, par M. Nikola Tesla (2).

Les expériences de M. Swinton et leur publication dont il est question ci-dessus donnent occasion à M. Tesla de revenir sur les publications beaucoup plus étendues qu'il a faites originellement sur le sujet. Le moindre danger des courants de haute fréquence a été établi sans prétendre qu'ils soient absolument inoffensifs.

Pour les courants de très haut potentiel, M. Tesla a toujours considéré non l'intensité mais l'énergie que le corps humain peut supporter; il a montré que plus grande est la fréquence et plus grande est l'énergie électrique qui peut passer sans dommage au travers du corps.

Quant à l'incandescence du filament de la lampe par un courant de haute fréquence relativement faible, elle ne provient pas de l'impédance ou d'un accroissement de résistance ohmique, mais elle tient surtout à la présence du gaz raréfié dans l'ampoule...

Ce serait aussi une erreur de croire toujours que les étincelles produites entre deux points peu distants l'un de l'autre d'un même conduc-

(1) Extrait du *Philosophical Magazine* de Londres.

(2) Extrait d'après l'*Electrical Engineer* de New-York.

teur sont dues à l'impédance du conducteur. Cela est vrai pour des courants intenses, comme dans certaines expériences du Dr Lodge, où une grande batterie se décharge au travers d'un fil ; mais quand il y a un état vibratoire constamment maintenu le long d'un fil, que le courant est très faible et le potentiel au pôle de la bobine très élevé, la dissipation latérale joue un rôle prédominant. Il y a alors, en raison de cette dissipation, une chute rapide de potentiel le long du fil et de grandes différences de potentiel peuvent exister à de faibles distances ; et ceci n'est point à confondre avec les différences de potentiel observées quand il y a des ventres et des nœuds fixes sur un conducteur. La dissipation latérale et non l'effet de surface est pour M. Tesla le motif de la grande quantité d'énergie qui peut traverser le corps humain sans faire éprouver de souffrance.

E. R.

~~~~~

**Recherches expérimentales sur les transformateurs à courants alternatifs, par M. J.-A. Fleming <sup>(1)</sup>.**

**VI. — EXPÉRIENCES AVEC LE WATTMÈTRE SWINBURNE**

17. Comme nous l'avons dit, M. Swinburne avait envoyé avec son transformateur un wattmètre monté dans une boîte en laiton et qui était destiné à la mesure de la puissance pour courants alternatifs. Dans la plupart des tableaux donnant la puissance absorbée par les divers transformateurs, on trouvera une colonne intitulée : « Puissance totale dissipée dans le transformateur, mesurée par le wattmètre Swinburne », et dans les courbes des pertes totales, ces nombres sont reproduits en une ligne pointillée. Dans beaucoup de cas, nous avons fait des mesures

instruments donnaient leur à charge nulle. Le transformateur Ferranti donne entre les indications sont pas très grandes.

Le cas est tout différent. Swinburne est employé sans dissipation dans le facteur de charge.

Le transformateur Thomson-Houston donnait des valeurs lues au dynamomètre transformateur Kaplan plus grande. Et, pour le transformateur Swinburne indiquait que des puissances indiquées par

Nous avons répété ces expériences, en étalonnant les instruments de différentes façons et en employant différents wattmètres. La moyenne de toutes les mesures du wattmètre Swinburne comme puissance dissipée dans le « hérisson » de 3000 watts fréquente était de 55 watts. Toutes nos autres mesures donnaient comme moyenne 110 watts. Il y avait donc une différence de 55 %. Deux solutions ont été proposées. Les méthodes du dynamomètre et des trois ampères sont trop élevées pour être employées. M. Swinburne avait prouvé d'inventer un wattmètre indiquant correctement la puissance dans les transformateurs fermés, restait de 50 % de la puissance réelle lorsqu'on l'ap-



rage, presque pas de courant; mais, à mesure que la vitesse augmente, et, avec elle, la force contre électromotrice de l'enroulement direct, l'intensité augmente en C et D jusqu'à ce que le moteur arrive au synchronisme, point où la

majorité du courant passe en C et D, qui développent dans l'armature la série de pôles fixes indiquée en figure 25. Le moteur fonctionne alors en synchronisme automatique, car, si l'on vient, par exemple, à le surcharger, le rapport

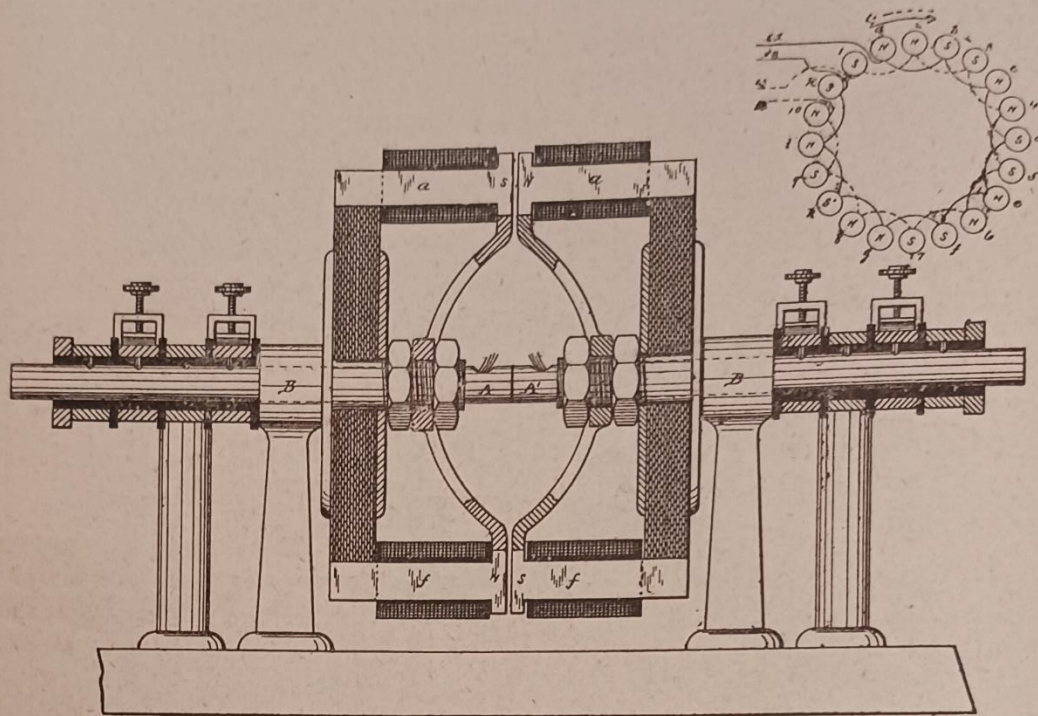


Fig. 26 et 27. — Alternomoteur polyphasé Bradley (1892),

des résistances des deux circuits de l'armature change, et le circuit direct intervient pour rétablir le synchronisme. On obtient ainsi, sans autre inconvénient que l'affaiblissement du torque de

démarrage par les coupures C et D, une armature à la fois à démarrage rapide et synchronisable.

L'alternomoteur *Bradley* représenté par les

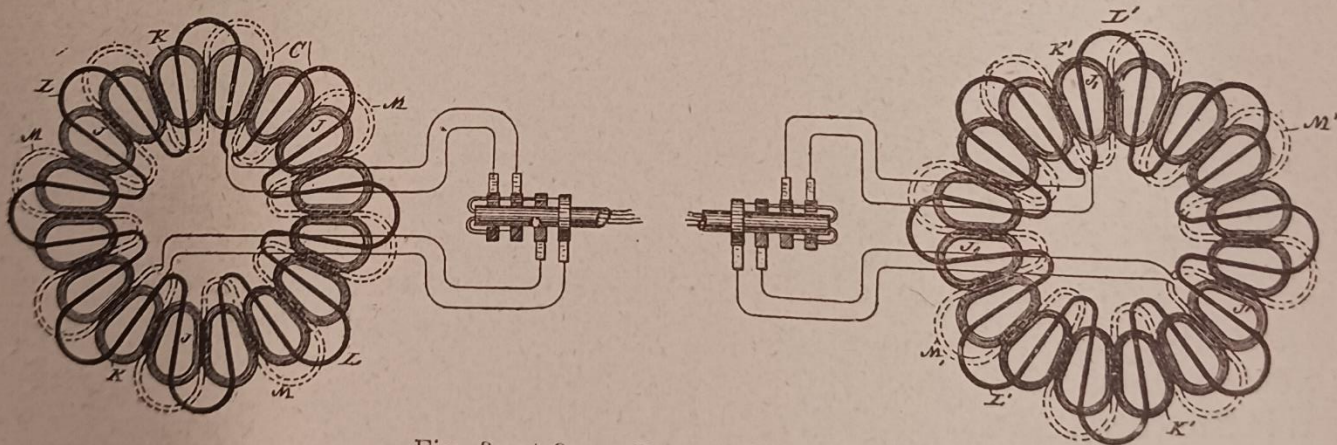


Fig. 30 et 31. — Transmission Tesla.

figures 26 et 27 est destiné à marcher sous l'action de deux courants alternatifs déphasés: 11-12 et 13-14. Il se compose de deux armatures *a, f*, *af* à pôles en regard et en nombre pairs: 20, par exemple, de chaque côté. Sur chacune des couronnes, de deux en deux, les bobines *a b c d e f g h i k* sont reliées au circuit 11-12 de manière que leurs pôles soient alternativement

opposés, et les autres bobines 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, intercalées entre les premières, sont reliées de même au courant 13-14, décalé d'un quart de phase par rapport à 12-14. Il se produit ainsi dans la couronne représentée figure 27 une onde polaire ou rotation de pôle dans un sens ou dans l'autre suivant le retard relatif des phases, et qui, s'il ne passait pas de courant



dans l'autre couronne, tendrait à faire tourner la première couronne par attraction tangentielle sur l'autre, en sens opposé de la rotation des pôles. Il en résulte, que si l'on fait passer dans la seconde couronne une onde polaire de sens opposé à la première, les deux couronnes se mettront à tourner en sens contraire. On pourrait peut-être réaliser ainsi un moteur très énergique et à faible vitesse en synchronisme.

Après une enquête assez longue (du 15 mai 1888 au 13 décembre 1892) le *Patent Office* de Washington vient d'accorder à *M. Tesla* un important brevet pour la transmission de la force par courants polyphasés; nous en donnons ci-dessous les dispositions principales.

La génératrice *G* (fig. 28 et 29), dont les in-

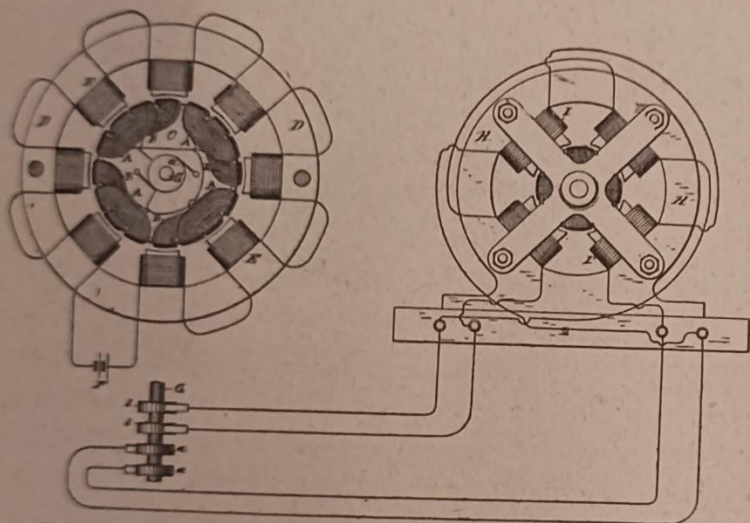


Fig. 28 et 29. — Transmission polyphasée Tesla (1888-1892).

ducteurs *E* sont excités par une source d'électricité *F*, porte deux enroulements *A* et *B* sur son armature *C*. L'enroulement *A*, en série, aboutit aux balais *a, a*; l'enroulement *B* aboutit en *bb* et est aussi disposé en série, mais alterné par rapport à *B*, de façon que les maxima de ses phases coïncident avec les minima des phases de *B*.

La réceptrice, à quatre pôles *I*, a son armature disposée comme celle de la génératrice, mais seulement avec deux paires d'enroulements, parce qu'elle n'a que quatre pôles au lieu des huit de la génératrice. Il en résulte qu'elle fait deux tours pour un de la génératrice.

Les figures 30 et 31 représentent l'application de ce principe à un moteur du genre Ferranti-Thomson où l'armature à bandes *L* tourne entre deux couronnes d'inducteurs *J*, à pôles alternativement opposés. On a doublé ce

conducteur d'une armature auxiliaire *M*, décalée d'un quart de phase, et l'on a fait de même en *M'* pour la réceptrice, identique à la génératrice, avec laquelle elle tourne synchroniquement.

En figure 32, la génératrice a son armature fixe *O* pourvue de 24 bobines *P P'*, enroulées en série suivant deux sections alternant d'une bobine à l'autre : l'inducteur mobile *Q* a ses douze bobines *Q'* excitées en série par *R*. Les moteurs sont constitués chacun par un inducteur fixe *S*,

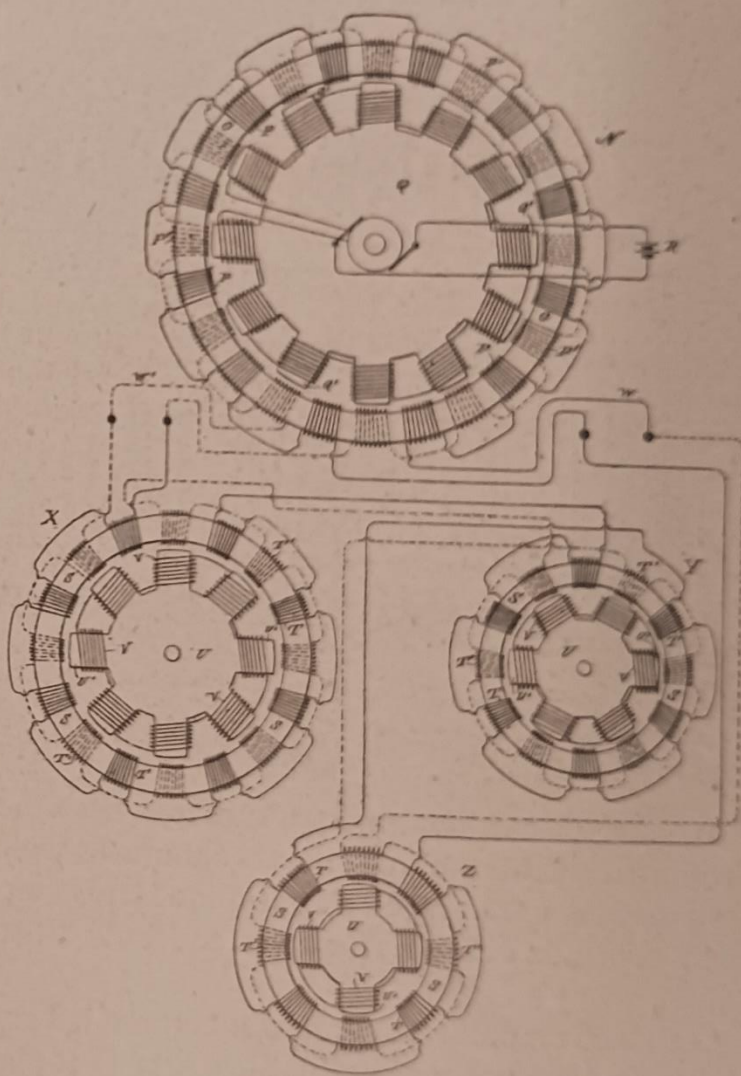


Fig. 32. — Tesla.

à deux séries de bobines *T* et *T'*, reliées aux séries *P* et *P'* de la génératrice, et par une armature *U V*, à bobines *U'*, reliées en série ou indépendantes.

Supposons les séries *P* et *P'* de la génératrice enroulées alternativement en sens contraire, de manière à constituer dans l'anneau *O* un pôle libre entre chaque paire de bobines d'une des séries *P* ou *P'*; il se produira, à chaque tour de l'inducteur *Q*, dont les 12 pôles sont alternativement opposés, douze ondulations ou émissions de courant dans chacun des circuits



l'introduction de l'acide carbonique, qui élimine la soude au moment même de sa formation en la précipitant à l'état de bicarbonate de soude.

Ce bicarbonate peut être décomposé à la façon ordinaire pour engendrer du carbonate, mais il est préférable, pour obtenir un produit plus compact et plus utilisable, d'opérer la transformation du bicarbonate en carbonate par le mélange du bicarbonate, tel qu'il est extrait des cuves, avec des lessives alcalines non encore carbonatées qui viennent des batteries électrolytiques.

On n'a pas à craindre la dissolution du carbonate obtenu, la décarbonation étant très rapide et l'élimination du sel solide étant faite aussitôt. Les solutions peuvent rentrer dans la fabrication. Les données sur la nature des diaphragmes manquent dans les renseignements que nous avons sous les yeux.

A. R.

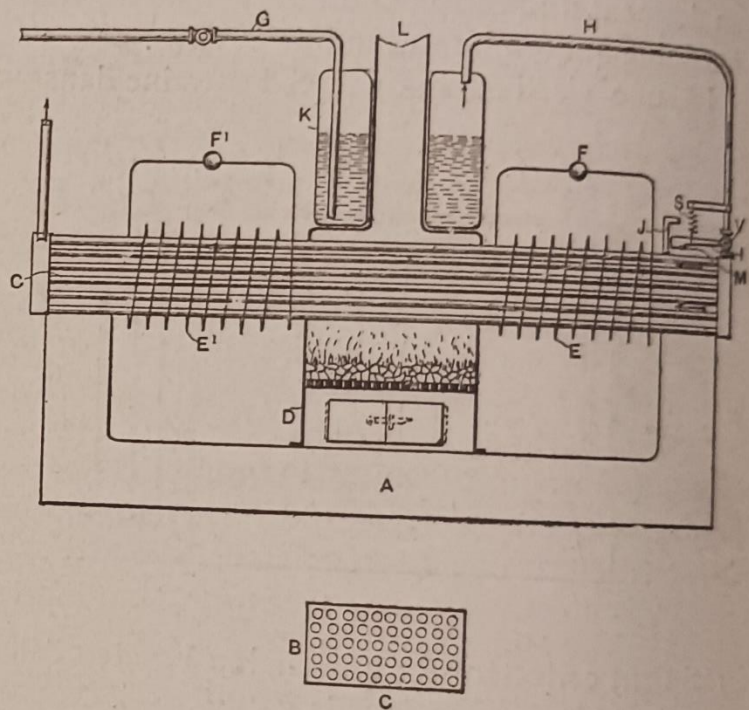
#### Le générateur thermo-magnétique Tesla.

D'après la description que donnent les journaux américains et que nous reproduisons, M. Tesla semble se proposer d'utiliser le principe de la machine thermo-électrique pour la production des courants alternatifs. La machine décrite comporte un robinet de vapeur manœuvré à chaque période; cela peut faire supposer qu'il ne s'agit que d'un avant-projet mais assurément curieux.

Le générateur se compose d'un aimant permanent A, ou d'un électro muni d'une armature multitubulaire B en fer, aux extrémités de laquelle sont disposées les hélices génératrices E; sa partie médiane est renfermée dans une boîte à feu D dont la partie supérieure constitue une chaudière à vapeur K. Le tuyau G est le tuyau d'alimentation de la chaudière, H la conduite de vapeur reliant la chaudière à l'ensemble des tubes, avec robinet intermédiaire V, réglant le passage de la vapeur et gouverné lui-même par l'armature M et son ressort antagoniste S.

A l'état normal, le faisceau tubulaire B étant magnétique sur toute son étendue ferme le circuit magnétique de l'aimant A; il n'y a à la surface que fort peu de magnétisme superficiel et l'attraction du faisceau sur l'armature M est insuffisante pour l'attirer malgré le ressort S; la conduite de vapeur reste fermée. Lorsque la température de la partie médiane du faisceau B s'élève à 900° ou 1000° C, le circuit magnétique de l'aimant

est interrompu (la partie médiane cessant d'être magnétique) et le magnétisme superficiel aux extrémités augmente grandement; l'armature M est attirée, le robinet V ouvert et la vapeur s'échappe par les tubes du faisceau. Il s'ensuit un abaissement rapide de la température de celui-ci, la réapparition des propriétés magnétiques à sa partie médiane, la libération de l'armature M et la fermeture de la vapeur. Le fonctionnement se continue de même par échauffement et refroidissement successifs avec rupture et fermeture corrélatives du circuit magnétique, et induction au travers des hélices génératrices E E.



On ajoute que par construction la source de chaleur est enfermée ainsi que la partie des tubes soumise à l'action du feu; que l'armature est faite de tubes épais et présente une grande surface de refroidissement; qu'on emploie la vapeur de préférence à l'air pour le refroidissement parce qu'elle est facile à obtenir sous pression et qu'elle est très efficace à cause de sa dissociation partielle et de la grande consommation de chaleur qui l'accompagne.

E. R.

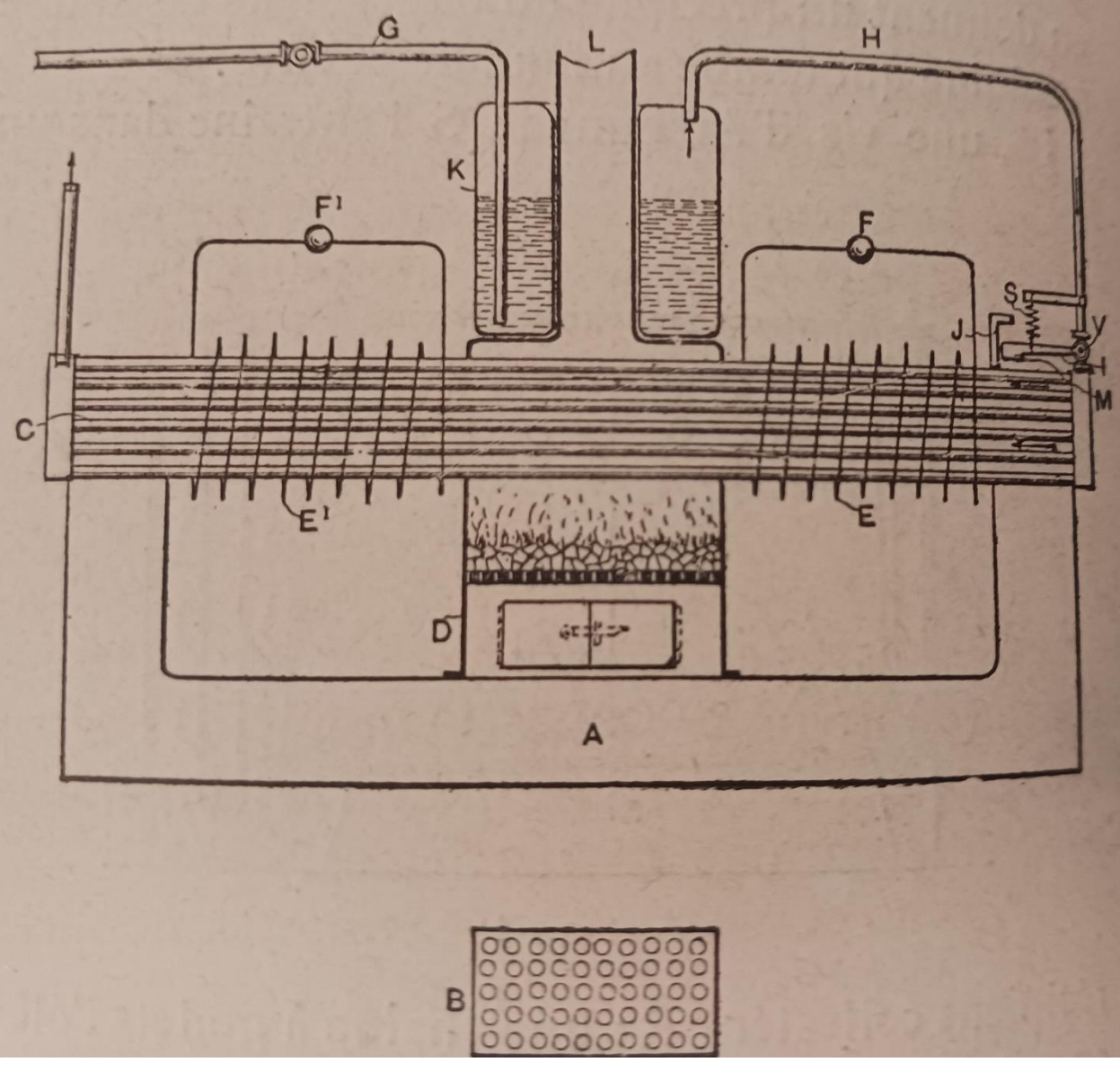
#### Le rendement des machines à courants alternatifs, par MM. le D<sup>r</sup> Louis Duncan et W. F. C. Hasson <sup>(1)</sup>.

On a publié dernièrement un certain nombre

<sup>(1)</sup> Transactions of the American Institute of Electrical Engineers, avril 1890.



ment successifs avec rupture et fermeture corrélatives du circuit magnétique, et induction au travers des hélices génératrices E E.





extrémités bombées sont toutes au même niveau sous *mn*. On insère alors dans ces trous le fil E

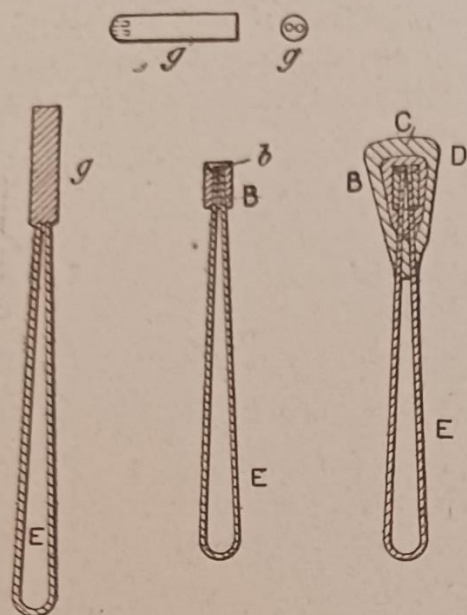


Fig. 3 à 6.

de l'amorce de 0,6 millimètres environ, puis on tasse autour de lui, sur la partie bombée des

fiches, une matière isolante et hydrofuge qui prend la forme indiquée en B.

Cette matière est constituée par un mélange de colle d'albumine et de noir de fumée. Après séchage, on retire des trous de A les amorces, que l'on complète en insérant dans les cupules *b* une matière détonnante, et en les entourant d'une couche D de matière isolante, la même qu'en B, puis d'une enveloppe de ciment C.

G. R.

#### Transformateur à intensité constante pour moteur alternatif, par M. Tesla <sup>(1)</sup>

Les premiers moteurs alternatifs de M. Tesla comportaient deux genres d'enroulements traversés par des courants différant d'un quart de phase l'un de l'autre; ils nécessitaient trois conducteurs. M. Tesla a récemment construit un transformateur destiné spécialement à alimenter le moteur et produisant naturellement la diffé-

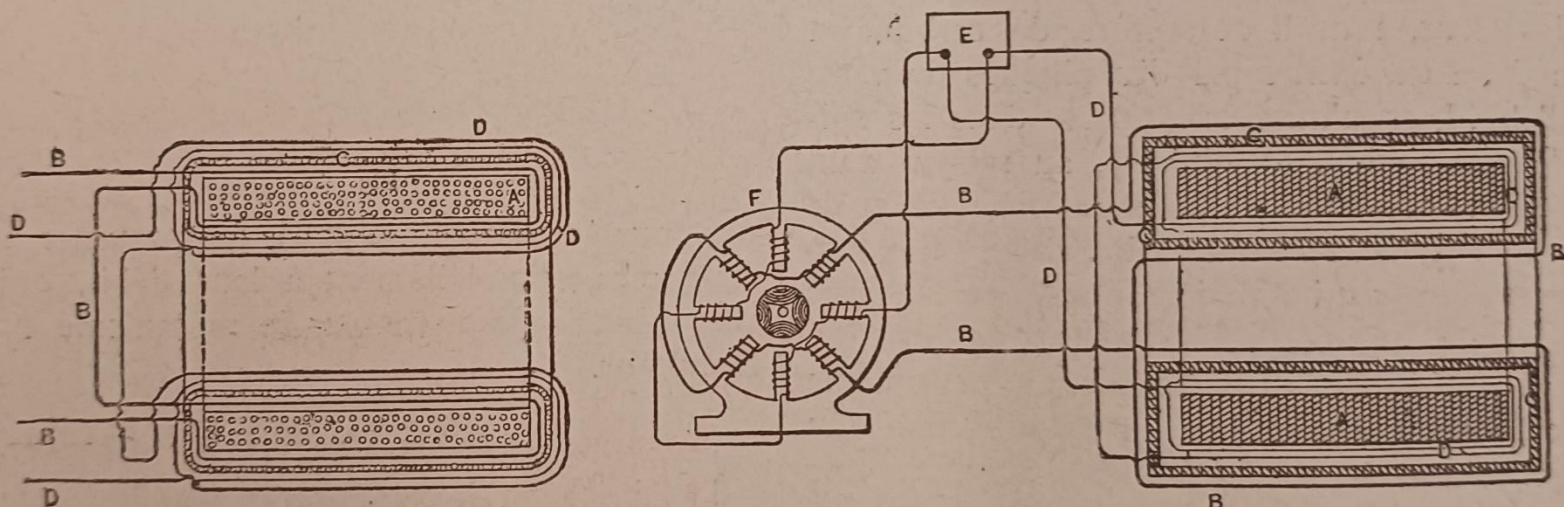


Fig. 1 et 2

rence de phase voulue. Ce transformateur possède aussi l'avantage de fonctionner à intensité constante quelle que soit la charge au circuit secondaire.

Dans les transformateurs construits actuellement la force électromotrice du circuit secondaire coïncide presque avec celle du circuit primaire, tout en étant de signe contraire. En même temps les courants primaire et secondaire retardent tous deux sur leurs forces électromotrices respectives, mais ce retard étant pratiquement le même pour chacun, il en résulte que le maximum et le minimum des courants coïncident presque (en signe contraire) quand le circuit secondaire n'est pas chargé ou quand il alimente des appareils à self-induction.

D'un autre côté le retard du courant primaire

relativement à la force électromotrice imprimée peut être diminué en chargeant le transformateur par une résistance sans induction tel que des lampes à incandescence, ce qui augmente l'intervalle des maxima ou des minima des courants primaire et secondaire. Toutefois cet intervalle de temps est limité; les résultats atteints par différence de phase dans la conduite des moteurs à courants alternatifs Tesla ne peuvent être obtenus qu'approximativement par les procédés ci-dessus rappelés. Or il serait à désirer qu'en pareil cas la différence de phase fut de 90 degrés, en d'autres termes que le maximum d'un courant correspondît

<sup>(1)</sup> *Electrical Engineer*, New-York. — Voir *La Lumière Electrique*, t. XXIX, p. 87; t. XXX, p. 612; t. XXXIV, p. 136 et 462.



au minimum du courant de l'autre circuit. C'est pour remplir davantage et complètement cette condition que M. Tesla augmente le retard du courant secondaire de la façon suivante :

Au lieu que les circuits primaire et secondaire du transformateur soient en aussi intimes relations que possible, comme on l'a fait jusqu'ici, M. Tesla garantit dans une certaine mesure le circuit secondaire de l'induction du circuit primaire en entourant l'autre circuit d'un écran magnétique relativement important.

Dans ces conditions, tant que le courant primaire n'a qu'une faible valeur l'écran protège le circuit secondaire, mais dès qu'il atteint une certaine intensité — arbitrairement fixée — l'écran magnétique est saturé et l'action inductive sur le circuit secondaire se produit. Il s'ensuit par conséquent, que le courant secondaire ne se développe qu'une fraction de période plus tard qu'il ne l'eût fait sans l'interposition de l'écran; comme on peut obtenir ce retard sans retarder nécessairement aussi le courant primaire, cela ajoute à la valeur du retard obtenu et augmente l'écart de phase des courants primaire et secondaire.

M. Tesla a découvert également qu'un pareil transformateur convenablement proportionné est susceptible de fonctionner à courant constant quelle que soit sa charge.

La figure 1 représente la coupe d'un transformateur réalisant l'idée exposée.

Le noyau A A du transformateur, en fil de fer doux recuit, porte l'enroulement secondaire B B. Celui-ci est recouvert d'une couche de fil de fer doux recuit C C enroulées normalement au circuit secondaire. Le tout porte l'enroulement primaire D D. Par construction, il est évident, que les fils de fer C, tant qu'ils ne sont pas saturés magnétiquement, garantissent effectivement l'enroulement secondaire de l'induction du circuit primaire.

Lorsque l'intensité du courant primaire atteint une certaine valeur, l'écran C étant saturé cesse de garantir le circuit secondaire, dans lequel se développe alors le courant induit. Pour la même raison, lorsque le courant décroît l'affaiblissement du courant secondaire est retardé au même degré.

Sur le dessin de la figure 2 le noyau A, fait de disques de fer isolés supporte, l'enroulement primaire D. C'est autour de celui-ci qu'est appliqué l'écran C, constitué par des plaques minces de fer isolé formant circuit magnétique fermé; le circuit

secondaire est enroulé extérieurement à l'écran C. Le circuit primaire du transformateur de la figure 2 est relié au circuit du générateur alternatif. F est un moteur à courant alternatif à double circuit; l'un des circuits est relié au circuit principal de la source E; l'autre est alimenté par le courant secondaire du transformateur.

E. R.

#### Nouveau moteur à courant alternatif <sup>(1)</sup>.

M. Tesla, dont les travaux anciens concernant le moteur alternatif sont bien connus <sup>(2)</sup>, s'occupe maintenant de développer les procédés efficaces permettant d'alimenter ce genre de moteur avec deux conducteurs au lieu de trois, sans faire encore usage de commutateur.

Le principe général sur lequel est fondée la construction de la machine est ce fait reconnu que l'aimantation par un fort courant d'un noyau, même laminé, ne s'opère pas instantanément, que le magnétisme n'apparaît pas partout simultanément.

M. Tesla attribue le fait à l'action du courant qui s'exerce d'abord sur les parties lamellaires du noyau les plus voisines de la surface et de l'enroulement exciteur et se propage ensuite vers l'intérieur. Par suite, un certain temps s'écoule entre l'apparition du magnétisme à l'extérieur et dans les couches profondes du noyau.

Si le noyau est mince et de faible masse, l'effet en question peut être insensible; au contraire avec un noyau épais et même avec un noyau relativement mince si le nombre des alternances du courant est grand, le temps qui s'écoule entre la manifestation du magnétisme à l'intérieur du noyau et dans les parties voisines de l'enroulement est notable; dans la construction des moteurs à courants alternatifs M. Tesla trouve qu'il est utile et même nécessaire d'accorder au phénomène l'attention qu'il comporte et de prendre les précautions voulues pour éviter ses conséquences.

D'ailleurs, M. Tesla tire parti de ce phénomène même en le rendant plus marqué et l'utilise dans la construction des moteurs en général. C'est ce qu'il réalise avec un champ magnétique dont les diverses parties s'aimantent successivement au

<sup>(1)</sup> *Electrical Engineer*, New-York.

<sup>(2)</sup> Voir notamment *La Lumière Electrique*, t. XXXI, p. 122, t. XXXVI, p. 559.



bout d'un temps différent sous l'action du courant alternatif traversant l'enroulement excitateur et dans lequel se meut une armature soumise à l'effet des aimantations successives.

Ce procédé produit le même résultat que M. Tesla obtenait dans ses anciens types de moteurs avec plusieurs courants alternatifs, il donne un champ magnétique tournant en faisant marcher les points d'attraction maxima ou les pôles du champ.

Le principe général de l'action ci-dessus indiquée pour un moteur est représenté figure 1 ; un fort noyau X composé de lames de fer doux ou d'acier est entouré d'un enroulement Y relié à une source E de courant alternatif.

Examinons maintenant l'état magnétique de ce noyau en ses divers points, en *b* près du centre et en *a* plus près de la surface. Suivant M. Tesla lorsqu'une impulsion de courant traverse l'enroulement magnétisant, la section vers A étant voisine du noyau est immédiatement influencée, tandis que la section vers B est, pour ainsi dire, protégée par les couches intermédiaires entre A et B

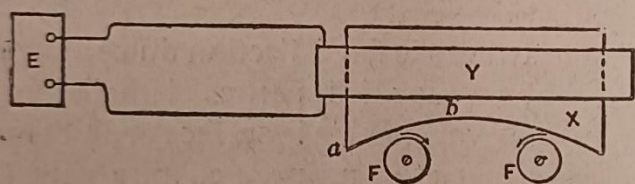


Fig. 1.

et ne manifeste pas d'aimantation simultanément. Néanmoins, l'aimantation de *a* croissant, *b* s'influence également et atteint son magnétisme maximum un peu après *a*.

Lorsque le courant diminue, l'aimantation en *a* diminue d'abord, tandis que *b* conserve sa force maxima ; mais quand la diminution se poursuit, l'affaiblissement de *a* est suivi de l'affaiblissement de *b*. En supposant le courant alternatif, *a* changera de polarité avant *b* et l'action se continuera, l'état magnétique de *b* suivant celui de *a*.

Qu'une armature, — un simple disque mobile autour d'un axe, par exemple, — soit approchée à proximité du noyau, un mouvement de rotation lui sera imprimé, la direction du mouvement dépendant de sa position relative vis-à-vis du noyau avec tendance à mouvoir la partie du disque la plus voisine du noyau de *a* vers *b* (fig. 1).

Ce mode d'action a été utilisé pratiquement dans le moteur représenté figure 2. A est le bâti circulaire en fer d'où se projettent diamétralement les noyaux vers l'intérieur ; chaque noyau comporte trois parties principales BB et C et se compose

d'une partie droite *e* qui porte l'enroulement excitateur d'un épanouissement *c* et de projections polaires *d*. Les parties BB s'épanouissent dans un sens et la partie *c* dans l'autre.

Les noyaux sont munis des enroulements D alimentés en série ou en dérivation par le courant alternatif d'un générateur indiqué en E. L'armature F mobile entre les épanouissements polaires, porte des enroulements fermés sur eux-mêmes semblables à ceux des anciens moteurs de M. Tesla.

Le fonctionnement du moteur est le suivant. Quand une onde de courant alternatif arrive en D, les sections BB de la surface du noyau au voisinage immédiat des enroulements sont influencées, tandis que les sections *c* sont protégées par les couches intermédiaires du fer BB. L'aimantation de BB augmentant, les sections *c* sont aussi influencées, mais n'atteignent leur maximum qu'un

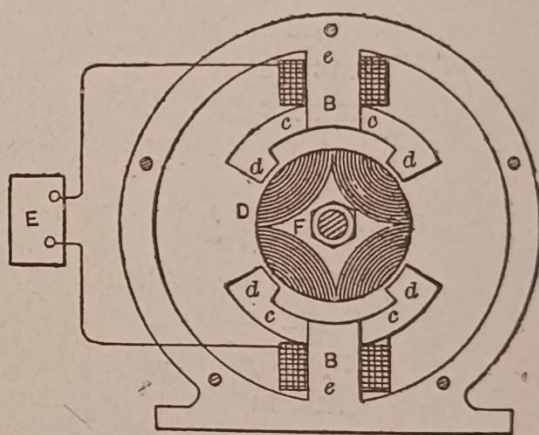


Fig. 2

certain temps après que celui des sections B s'est produit.

A la diminution du courant la force magnétique de BB diminue d'abord, les sections *c* étant encore au maximum ; puis BB s'affaiblissant d'avantage, les sections intérieures s'affaiblissent pareillement.

BB peut ainsi changer d'abord de polarité, le changement de *c* survenant après et ainsi de suite.

On peut par conséquent regarder BB et *c* comme des électros de champ séparés disposés de façon à agir sur l'armature de la manière la plus efficace et l'effet produit est le même que dans les autres moteurs de M. Tesla, c'est-à-dire la progression et la rotation des points de force maxima. Toute armature, telle que par exemple qu'un disque monté sur un axe dans le champ, tourne du pôle qui manifeste le premier son magnétisme vers celui qui s'aimante plus tardivement.

En poursuivant les idées établies ci-dessus, M. Tesla les a appliquées au genre de moteurs qui



comporte deux rangées d'électros magnétisants, des procédés artificiels assurant un intervalle suffisant entre les instants de maximum ou de minimum de leur période respective d'attraction magnétique.

Ce procédé a déjà été appliqué au moteur à trois conducteurs de M. Tesla. Actuellement M. Tesla emploie un moteur à deux rangées d'électros de champ munies d'enroulements en relation avec un altermateur et formant deux circuits distincts. Les électros d'une rangée sont protégés jusqu'à un certain point contre l'action magnétisante du courant par des feuilles de tôle de fer formant écran entre l'enroulement et l'électro.

L'écran est proportionné dans chaque cas particulier de manière à protéger le noyau principal jusqu'à ce qu'il se soit saturé et ne puisse plus livrer passage à de nouvelles lignes de force.

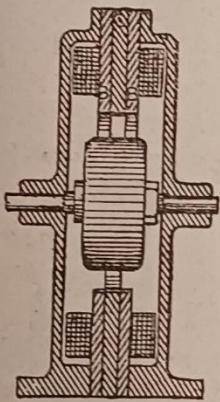


Fig. 3

On conçoit que par ce procédé l'aimantation des électros garantis puisse commencer un certain temps déterminé après celle de l'autre rangée et que ce soit un moyen pratique et économique d'assurer la différence de phase nécessaire.

On comprendra facilement le genre et le fonctionnement de ce moteur en se référant aux dessins.

La figure 4 représente la forme la plus simple de ce genre de machine. Les noyaux B forment une rangée et sont influencés par les enroulements D, tandis que les noyaux C forment l'autre rangée C avec les enroulements E; les enroulements sont en série dans chaque rangée, et ceux des deux rangées forment deux circuits en dérivation.

Il faut remarquer que chaque enroulement E est entouré d'un écran magnétique H composé de fil de fer recuit, isolé ou oxydé à la surface, disposé de façon à constituer un circuit magnétique fermé autour des enroulements, entre ceux-ci et les

noyaux. L'armature du type ordinaire à circuits fermés est montée entre les pièces polaires B C des noyaux.

Le fonctionnement résultant de cette disposition s'opère comme suit : une onde de courant parvenant aux deux circuits aimante rapidement les noyaux B et moins vite les noyaux C, à cause de l'influence retardatrice des écrans H formant champ magnétique fermé.

Le premier effet est de retarder l'impulsion du courant dans le circuit G et ensuite le courant qui passe n'aimante pas aussi fortement les noyaux C protégés par les écrans H.

La force électromotrice augmentant, le courant augmente dans les enroulements E, le fer H de-

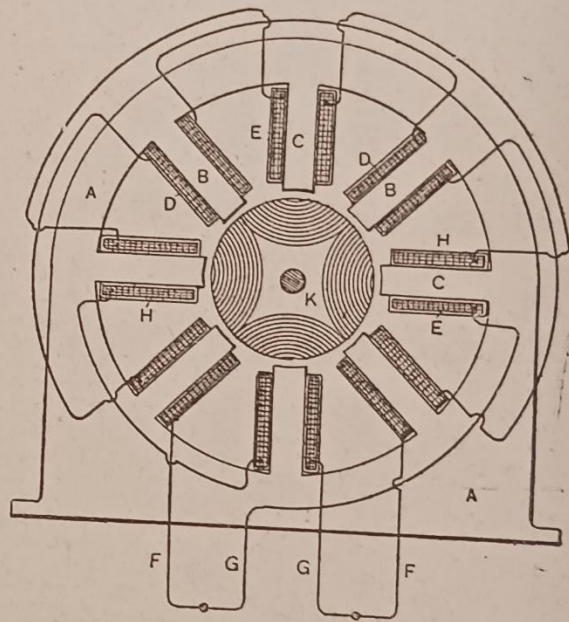


Fig. 4

vient saturé et incapable de laisser passer de nouvelles lignes de force, il ne protège plus les noyaux C, qui s'aimantent et développent leur effort maximum un certain temps après celui de l'autre rangée d'électros, temps dont la durée peut être déterminée par l'épaisseur des feuilles H et les conditions ordinaires.

D'après ce qui précède, on voit que le procédé agit de deux façons. D'abord en retardant le courant, ensuite en retardant l'aimantation d'une rangée de noyaux, ce qui fait comprendre son efficacité.

Nous d'indiquerons plus qu'une des nombreuses modifications de ces principes que M. Tesla a réalisées. Elle est représentée figure 5 et semblable à la description qui précède, sauf que le fil de fer H enroulé autour de E est monté en série avec les enroulements D. Les enroulements du fil de fer



sont reliés et enroulés de façon à n'avoir que peu ou pas de self-induction, de sorte qu'en les ajoutant à la résistance du circuit F, l'action du courant dans ce circuit est accélérée, tandis qu'elle est retardée dans l'autre circuit G.

Un autre type de moteur, construit aussi par M. Tesla, a deux rangées de pôles et d'épanouissements polaires placées côte à côte de manière à former deux champs de force disposés alternativement c'est-à-dire, les pôles d'un rang vis-à-vis des intervalles de l'autre rangée. Les extrémités des pôles d'une rangée étant reliées par des plaques de tôle de fer, sortes de ponts de section beaucoup moindre que les noyaux eux-mêmes, tous

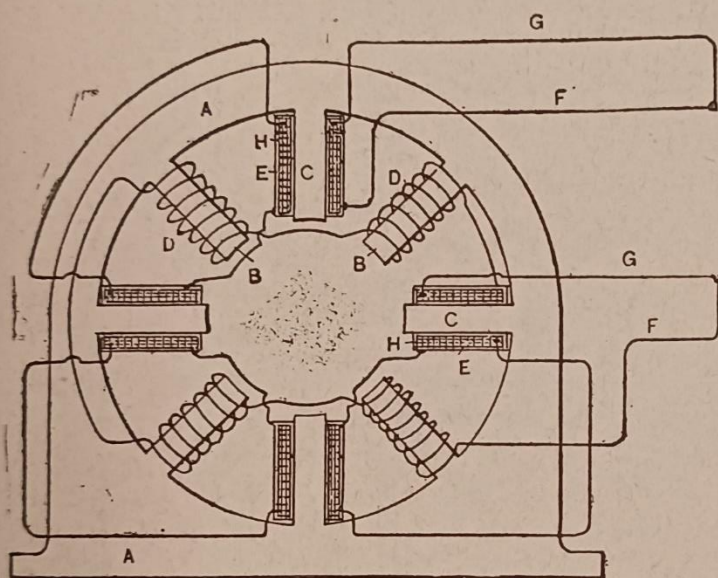


Fig. 5

les noyaux ensemble forment des circuits magnétiques fermés.

Quand les enroulements d'un rang d'électros sont reliés en circuit multiple à un alternateur, des forces électromotrices se développent simultanément dans tous les circuits; mais les enroulements des noyaux réunis ou shuntés par les ponts ont, à cause des circuits magnétiques fermés, une haute self-induction qui retarde le courant, ne laissant passer au début de chaque onde qu'un faible courant. D'autre part, pareille opposition n'existant pas pour l'autre rangée d'enroulements, le courant y passe librement en aimantant leur pôles.

Pourtant, aussitôt que les feuilles polaires deviennent saturées et incapables de livrer passage à de nouvelles lignes de force, la force électromotrice augmente, le courant croît, des pôles libres se développent aux extrémités des noyaux et les pôles joignant leur action à celle de l'autre rangée produisent la rotation de l'armature.

Le mode de construction adopté pour réaliser ce dispositif est représenté figures 6 et 7.

Le bâti du moteur A est en feuilles de tôle de fer découpées à la forme voulue, reliées ensemble, mais isolées entre elles. Le bâti complet forme un électro de champ avec pièces polaires internes B et C. Pour s'adapter aux nécessités de la construction, les pièces polaires alternent l'une avec l'autre, celles marquées B entourant une extrémité de l'armature, celles marquées C l'extré-

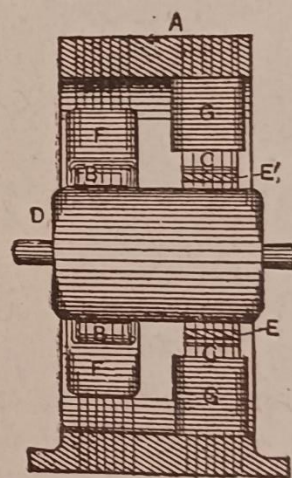
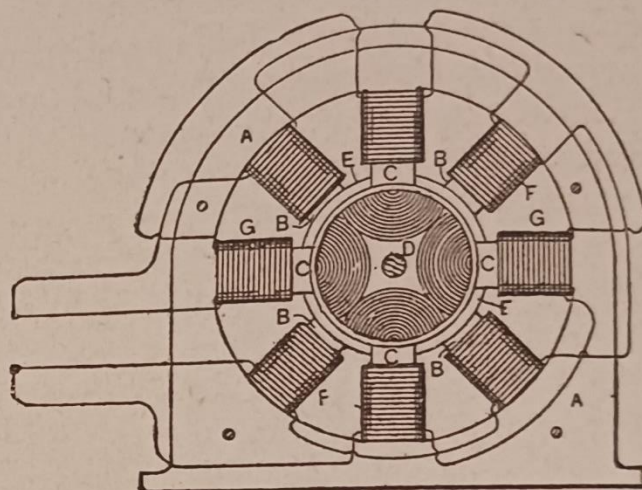


Fig. 6 et 7

mité opposée; c'est-à-dire que les pièces polaires d'un rang sont vis-à-vis des espaces libres de l'autre rangée.

Les pièces polaires C sont shuntées et reliées par des ponts B. Les enroulements F et G, associés chacun respectivement en série, forment deux dérivations sur le circuit d'une machine alternative et sont faits de manière que ceux de G aient une plus haute self-induction.

Le rôle des shunts ou ponts E est de former court circuit magnétique avec les noyaux C jusqu'à une intensité déterminée de courant, de sorte qu'une fois saturés et incapables de supporter un accroissement d'induction ils ne s'opposent plus au développement des pôles libres aux extrémités des noyaux C.



Dans un pareil moteur le courant retarde dans les enroulements G, et l'apparition du magnétisme libre aux pôles C n'arrive qu'après l'effort magnétique maximum des pôles B. Il en résulte un fort couple de torsion et le moteur fonctionne approximativement avec la même puissance qu'un moteur de même genre alimenté par des courants différant d'un quart de phase.

E. R.

## REVUE DES TRAVAUX RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

**Sur un appareil d'éclairage électrique destiné à l'exploration des couches de terrain traversées par les sondes, par M. G. Trouvé<sup>(1)</sup>.**

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un appareil que j'appelle *orygmatoscope électrique* (fig. 1) et que je destine à l'inspection des couches de terrains traversées par les sondes exploratrices.

L'orygmatoscope se compose d'une lampe à incandescence très puissante, que je renferme dans un cylindre métallique : l'une des deux surfaces hémicylindriques constitue le réflecteur ; l'autre, en verre épais, laisse passer les rayons lumineux, qui éclairent ainsi avec une vive intensité les couches de terrains traversées par l'instrument. La base inférieure, inclinée à 45°, est un miroir elliptique, et la base supérieure, à section droite, est ouverte pour permettre à l'observateur placé à l'entrée du puits et armé d'une forte lunette de Galilée, de voir dans le miroir l'image des terrains ; la lampe est montée de façon que ses rayons émis vers le haut sont interceptés.

Tout l'appareil est suspendu à un long câble formé de deux fils conducteurs, qui s'enroule sur un treuil ou tambour à tourillons métalliques isolés électriquement. Ces tourillons sont en communication, par l'intermédiaire de deux ressorts frotteurs, d'une part avec les conducteurs, de l'autre avec les pôles de ma batterie portative et automatique. Cette disposition permet de descendre et de remonter l'orygmatoscope à volonté, sans embarras, et sans qu'il soit nécessaire d'interrompre la lumière et l'observation.

Cet appareil donne, à des profondeurs de 200 à

300 mètres, des résultats très concluants : c'est avec la plus grande netteté que les couches de terrain sont reconnues successivement par les observateurs. Mais on comprend qu'en ce qui

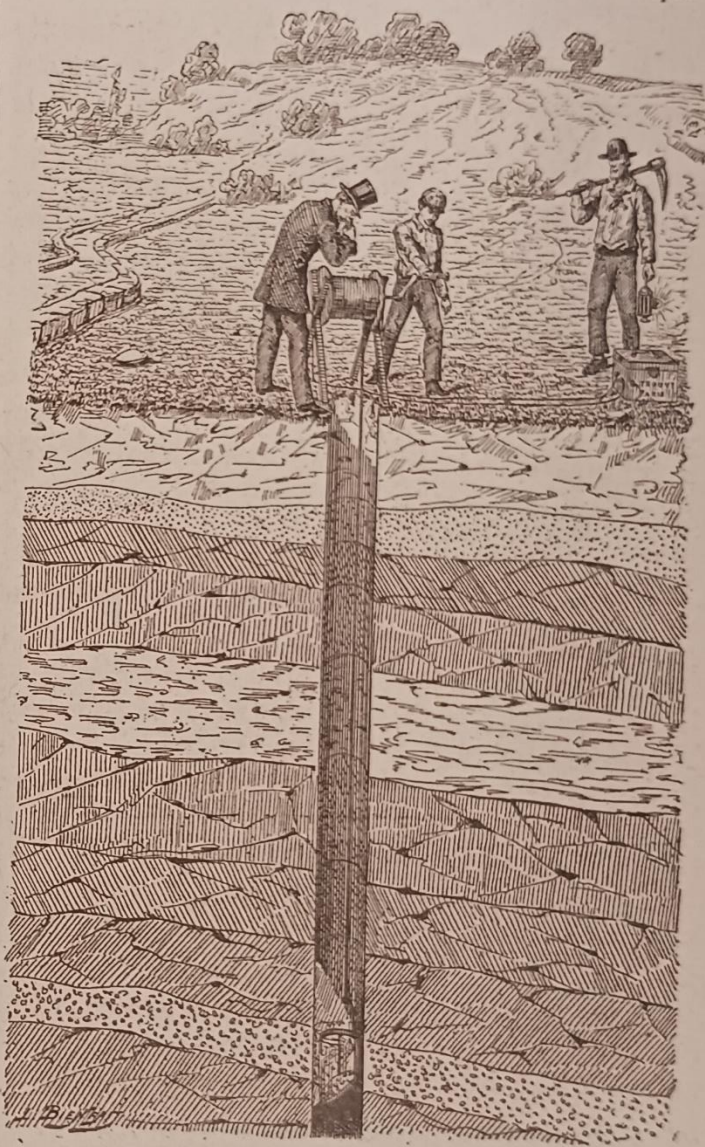


Fig. 1

concerne l'éclairage électrique rien n'empêche de poursuivre les investigations à des profondeurs plus grandes, la puissance de l'instrument n'a de borne que celle de la lunette de Galilée<sup>(1)</sup>.

**Sur la conductibilité des sels solides et fondus, par L. Grætz<sup>(2)</sup>.**

On ne connaît jusqu'à présent qu'un petit

(1) Cet appareil est employé par la mission du gouvernement Portugais, sur les côtes de Mozambique. Cette mission a pour chefs M. d'Andrade, lieutenant-colonel du Génie et M. Mariano de Carvalho.

(2) GRAETZ, *Wied. Ann.* t. 40, p. 18.

(1) *Comptes rendus*, t. CXI, p. 341.



# SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ

PROCÉDÉS JABLOCHKOFF

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 7,500,000 FR.

61, Avenue de Villiers, PARIS

EXPOSITION UNIVERSELLE DE PARIS  
1878

MÉDAILLE D'OR



CONCOURS INTERNATIONAL DE L'EXPOSITION D'ARNHEM (Pays-Bas) 1879

Médaille d'Or et Mention honorable

EXPOSITION POPULAIRE DE LA BASSE-AUTRICHE, A WELS (1880)

GRANDE MÉDAILLE D'ARGENT

## ÉCLAIRAGE

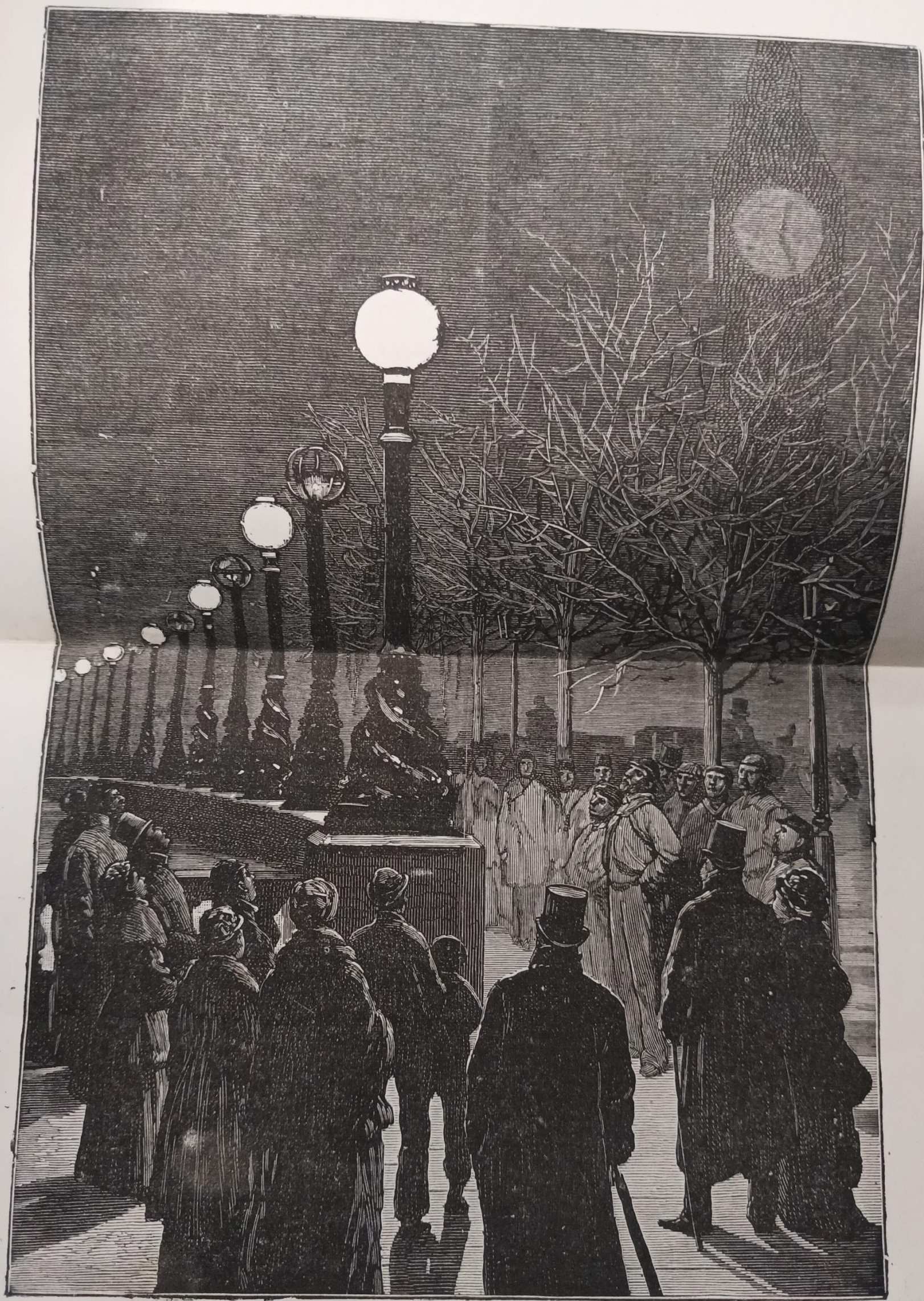
PAR LA

## BOUGIE ÉLECTRIQUE

des Voies publiques  
des Grands Magasins, Cafés  
Salles de Concerts, Théâtres, Hôtels, Restaurants  
Musées, Eglises, Palais, Monuments publics  
Ateliers, Usines, Gares de chemins de fer  
Docks, Chantiers de travaux, etc., etc.

Juin 1881





Éclairage du quai de la Tamise



# SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ

PROCÉDÉS JABLOCHKOFF

SOCIÉTÉ ANONYME

AU CAPITAL DE 7.500.000 FR.

Siège Social : 61, Avenue de Villiers, Paris

## ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

CONSEIL D'ADMINISTRATION :

PRÉSIDENT :

M. de SOURDEVAL (Alfred) \*, ancien industriel, propriétaire

ADMINISTRATEURS :

MM. MARCILHACY (Camille) \*, Membre de la Chambre de Commerce, Vice-Président,

DEMACHY fils (Charles), banquier,

DUGAS (Henri), ancien député,

FOULD (Léon), négociant,

FERBER (Ernest), commissaire de la société de St-Gobain,

Baron GIROD de L'AIN, O. \*, ancien député,

JABLOCHKOFF (Paul), ingénieur,

LECOQ (Gustave) \*, ancien entrepreneur de travaux pub.

DE ROMILLY, ingénieur, chimiste.

VABRE (Louis), O. \*, ancien négociant,

WENDEL (Robert de) \*, maître de forges.

COMMISSAIRES :

MM. DELARUELLE, ancien avoué,

FABRE, négociant,

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL

M. VIVAREZ (Henry), ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

INGÉNIEUR EN CHEF :

M. PARENT (Henry), ancien élève des Ecoles d'Arts et Métiers.

Mai 1881.

# SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ

PROCÉDÉS JABLOCHKOFF

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 7,500,000 FR.

61, Avenue de Villiers, PARIS

EXPOSITION UNIVERSELLE DE PARIS  
1878

MÉDAILLE D'OR



CONCOURS INTERNATIONAL DE L'EXPOSITION D'ARNHEM (Pays-Bas) 1879

Médaille d'Or et Mention honorable

EXPOSITION POPULAIRE DE LA BASSE-AUTRICHE, A WELS (1880)

GRANDE MÉDAILLE D'ARGENT

## ÉCLAIRAGE

PAR LA

## BOUGIE ÉLECTRIQUE

des Voies publiques

des Grands Magasins, Cafés

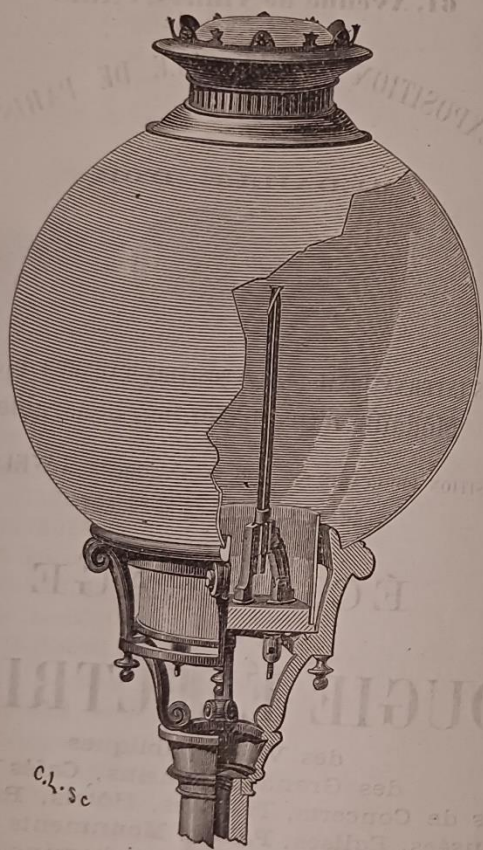
Salles de Concerts, Théâtres, Hôtels, Restaurants

Musées, Eglises, Palais, Monuments publics

Ateliers, Usines, Gares de chemins de fer

Docks, Chantiers de travaux, etc., etc.

Juin 1881



## SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ

(Procédés JABLOCHKOFF)

## LISTE DES INSTALLATIONS D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

comprenant environ 3.500 foyers

### INSTALLATIONS A PARIS

Façade de l'Opéra.

Place de l'Opéra.

Avenue de l'Opéra et Place du Théâtre Français.

Grands Magasins du Louvre (96 foyers.).

Grand Café.

Grand Hôtel (48 foyers).

Palace-Théâtre.

Hôtel Continental.

Hôtel particulier de M. Menier.

Théâtre du Châtelet.

Hippodrome (168 foyers.).

Palais de S. M. la Reine d'Espagne.

Salle d'Exposition de M. Christoffe,

M. Lemaire, opticien.

(1) 134 Appareils électriques sont posés dont 96 peuvent brûler simultanément ; ils éclairent les Magasins, la salle à manger et la cour de l'hôtel.  
Tout le rez-de-chaussée des Grands Magasins du Louvre est maintenant éclairé par l'électricité.



Ateliers de construction de machines de M. Corpet, machines à vapeur (3 installations).  
 Ateliers de construction de M. Crespin, machines à vapeur.  
 Ateliers de construction de MM. Weyher et Richemond, machines à vapeur.  
 Ateliers de construction de MM. Lecouteux et Garnier, machines à vapeur.  
 Usine de M. Escande, constructeur, ponts métalliques.  
 Usine de M. Pombla, ateliers de menuiserie.  
 Ateliers de construction de MM. Perin-Panhard, 49, avenue d'Ivry.  
 Usine de MM. Jaeggé et Perard, mécaniciens.  
 Ateliers de Carrosserie industrielle de MM. Samuel et Cie, 74, rue Claude-Decaen.  
 Ateliers de MM. Boulet et Cie (ancienne Maison Hermann-Lachapelle).  
 Conservatoire des Arts-et-Métiers.  
 Société de construction des Batignolles (Gouin et Cie).  
 Ateliers de serrurerie artistique de M. Sohler.  
 Ateliers de construction de M. Pilter.  
 Ateliers de menuiserie de M. Ronsin, 152, rue de Vaugirard.  
 Théâtre Tivoli du Gros-Caillou. — M. Greffier.  
 Grands Magasins du Tapis-Rouge, faubourg Saint-Martin.  
 Manutention générale de la Compagnie générale des Voitures, rue du Ruisseau, Paris.  
 Messageries de la rue Ste-Anne (travaux), Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

## INSTALLATIONS EN PROVINCE

Ateliers de machines industrielles et agricoles de M. Thiollier..... Alger.  
 Hauts-fourneaux et forges ..... Allevard (Isère).  
 Ateliers de scierie mécanique de M. Rondeau..... Angers.  
 Société de constructions mécaniques (établissements de Quillacq) Anzin (Nord).  
 Compagnie de construction des ateliers de la Seine (bateau « Le Touriste »)..... Argenteuil.  
 Ateliers de tissage de M. Dulac (48 foyers) ..... Armentières.  
 Usine de M. Rattier, fabricant de câbles métalliques ..... Bezons.  
 Manufacture de tapis de M. Lettalle Beauvais.  
 Filature de coton de M. Gresland.. Bondeville-les-Rouen.  
 Construction d'un cuirassé à l'arsenal Brest.  
 Travaux du port ..... Calais.  
 M. Bertrand-Milcent, ateliers de tissage..... Cambrai.  
 Construction du cuirassé *Le Vauban* Cherbourg.  
 Atelier de scierie mécanique de M. Lesueur..... Clermont (Oise.)  
 Tissage de MM. Fauvel et Lehugeur. Condé-sur-Noireau  
 Fonderie de M. Durenne..... Courbevoie.  
 Fonderies de laminoirs de la Société de Pontgibaud..... Couëron (pr. Nantes.)

Fabrication de Couvertures de MM. Villefrès..... Cours.  
 Ateliers de construction de M. Lebrun Creil.  
 Papeterie de M. Darblay..... Essonnes.  
 Passes du port du Havre (contrat de 10 ans, 40 foyers). Havre.  
 Ateliers de la Société française de construction de matériel de chemins de fer (M. Bonnefond).... Ivry.  
 Manufacture de fils glacés de M. Desquiens ..... Le Thil, près Amiens.  
 Blanchisserie de MM. Wallaert frères ..... Lille.  
 Ateliers de la Cie de Fives-Lille... Lille.  
 Ateliers de teinturerie de M. Descat-Leleux et Fils..... Lille.  
 Distillerie de M. Porion..... Saint-André-lez-Lille.  
 Magasins du Bon-Marché ..... Lille.  
 Magasins du Pauvre Diable..... Lille.  
 Cuirassé en construction à l'arsenal Lorient.  
 Grand Théâtre Bellecour ..... Lyon.  
 Compagnie des Forges et Fonderies de l'Horme, chantiers de la Buire. Lyon.  
 Magasins de nouveautés de M. Pean. Le Mans.  
 Mines de houille..... Marles.  
 Raffineries de Saint-Louis..... Marseille.  
 Fabrique de papiers de M. Lacroix. Mazères-sur-Salat.  
 Usine de M. Menier..... Noisiel.  
 Usine de M. Decauville..... Petit-Bourg (S.-et-O.)  
 Filature de MM. Demachy et Sellière (32 foyers) ..... Pierrepont.

Forges de MM. Dupont et Fould.. Pompey (Meurthe-et-Moselle).  
 Fabrique de tapis de M. Amos... Raon-l'Etape.  
 Filature Isaac Holden..... Reims.  
 Société anonyme des Hants-Fourneaux, Forges et Acieries de la Marine ..... Saint-Chamond.  
 MM. Allamagny et Oriol, ateliers de tissage..... Saint-Chamond.  
 Forges ..... St-Hippolyte (Doubs).  
 Compagnie Générale Transatlantique. } Saint-Nazaire.  
 } Le Havre et St-Thomas  
 Filature de MM. Caisso et Roux... Sommières.  
 M. Hersent, travaux du port.. Toulon, Brest, Cherbourg et Saint-Aubin, près Elbeuf.  
 Magasins de M. Labit..... Toulouse.  
 Magasins de MM. Catala et fils... Toulouse.  
 Ateliers de construction de M. Jouffray-Cadet..... Vienne (Isère.)  
 Casino de..... Bagnères-de-Luchon (Haute-Garonne).  
 Casino Dulout..... Biarritz.  
 Nouveau Casino (ancienne Villa Eugénie)..... Biarritz.  
 Schneider et Cie { Usine du Creuzot.  
 } Chantier de Châlons-sur-Saône.  
 } Mines de Decize.



## INSTALLATIONS A L'ÉTRANGER

### ALLEMAGNE

Magasins (Michaëlis)..... Berlin.  
Eisen-Und Stahlwerk Hoesch jetzt  
Actien-Gesellschaft in ..... Dortmund.  
Laminage du zinc (Eberhardt Hoesch) Duren.

### ALSACE-LORRAINE

Usines de MM. de Wendel..... Hayange et Stiring-  
Wendel.

### ANGLETERRE

Quai de la Tamise..... Londres.  
Salle des séances du Metropolitan  
Board of Works..... Id.  
Pont de Waterloo..... Id.  
Magasin de nouveautés (Sholbred).. Id.  
Magasin de tissus (Crocker) ..... Id.  
Magasin de M. Nicoll, tailleur..... Id.  
Magasin de Nouveautés de M. Whitley Londres.  
Atelier de menuiserie et magasin  
d'instruments de MM. Chancellor  
and Sons..... Dublin.  
Caves de M. Antill..... Portsmouth.  
West Cumberland Iron et Steel C<sup>y</sup> . Workington.  
Château de M. le Marquis de Salisbury Hatfield.

Magasins de M. Lankester, marchand  
de nouveautés..... Portsmouth.  
Stanners Closes Steel Works C<sup>y</sup>... Wolsingham.  
District Railway (gares souterraines de  
de Victoria et de Charing-Cross... Londres.

### AUTRICHE

Ateliers de M. Salcher, à Harlang, près Vienne.

### BELGIQUE

Gare des chemins de fer de l'Etat (56 frs) Anvers (Bassins).  
Entreprise Hersent-Couvreux..... Id.  
Ateliers de construction de M. Valentin Villebroeck, pr. Brux<sup>s</sup>.  
Ateliers de construction de machines  
de MM. Carels frères)..... Gand.  
Fours à coke (de Wendel) ..... Seraing.  
Digue ..... Blankenberghe.  
Ateliers de construction (Evrard),  
(matériel de chemins-de-fer.).... La Croyère.  
Charbonnages du Poirier, à Montigny-s-Sambre.

### BIRMANIE

Palais du roi de Birmanie (40 foyers) Mandalay

### BRÉSIL

Gare don Pedro II ..... Rio de Janeiro.  
Filature de M. Vandesmet..... Bahia.

### CANADA

M. Boucher de Boucherville..... Quebec.

### CUBA

Sucrerie de M. Ybanez..... La Havane.  
Id. de M. Pons ..... Santiago-de-Cuba.  
Id. de M<sup>me</sup> de Fauve... Id.

### DANEMARCK

Ateliers de construction de matériel  
de chemins-de-fer de MM. Bur-  
meister-Wains ..... Copenhagen.

### ESPAGNE

Place de la Puerta-del-Sol (Muni-  
cipalité)..... Madrid.  
Casino de M. Ricardo Munoz..... Cordoue.

### GRÈCE

Théâtre et Casino, Baie de Phalère, au Pirée.  
(Pour la Société du chemin de fer d'Athènes au Pirée.)

### HOLLANDE

Gare des marchandises des chemins  
de fer hollandais ..... Amsterdam.  
Taillerie de Diamants (Midderigh)... Id.  
Imprimerie (Van Es frères) ..... Id.  
Ateliers de construction (Croon)... Id.  
Nicaise et Dêlcuve. — Travaux du Pont de Heumen-les-  
Mook.

### INDES ANGLAISES

Nagpore Mills.  
Samnagar Mills.  
Jail..... Rangoon.  
Rowett et C<sup>o</sup>..... Id.  
Bulloch frères ..... Id.  
Morh Bros..... Rangoon.  
Strang Steel et C<sup>o</sup>..... Id.  
Darwood ..... Id.  
Municipalité ..... Madras.  
Municipalité ..... Bangalore.  
Thakore..... Morvi.  
Journal *Bombay-Gazette*..... Bombay.  
Club ..... Id.  
Ralli frères..... Calcutta.  
Palais du roi de Cambodge.  
(Ensemble 233 foyers.)

### ITALIE

Filature de M. Balestreri..... Gènes.  
Marine Royale Italienne..... Naples.  
Manufacture de tissus de couleurs de  
M. Hussy..... Luino.  
Cirque Correa ..... Rome.  
M. Patrizzio ..... Turin.  
M. Rossi, filature ..... Piovenne.



MEXIQUE

M. Estradère (Mines)..... Mazatlan (Mexique).

PERSE

Palais du Shah de Perse ..... Téhéran.

PORTUGAL

Château royal de Cascaës ..... Lisbonne.

RÉPUBLIQUE ARGENTINE

Sucrerie de M. San Germès..... Santiago del Estero.

Vapeur « *Le Cosmos* » de la Cie des  
Messageries fluviales de..... La Plata.

Fabrique de Viande conservée..... (Trinidad.)

RÉUNION (Ile de la)

Travaux du port et du chemin de fer.

RUSSIE

Grand Théâtre..... Saint-Pétersbourg.

Pont de Liteynaia..... Id.

Jardin d'Été..... Id.

Jardin Livadia..... Id.

Jardin Krestoffoki..... Id.

Jardin Yegareff..... Id.

Forges de Yjorsky..... Id.

Forges de Kolpino..... Saint-Pétersbourg.

Magasins de Gosteny-dvor..... Id.

Ateliers de construction de Boltysky..... Id.

Ateliers et Fonderie Obouchowsky.. Id.

Fonderie de M. Berde..... Id.

Id. de M. Poutiloff..... Id.

Fabrique d'indienne de M. Pal.... Id.

Fabrique de cartouches..... Id.

Club du Commerce..... Cronstadt.

Ecole des Mines..... Id.

Cuirassé Pierre-le-Grand..... Id.

Popowka ..... Id.

Passage de Petrowka ..... Moscou.

Fabrique de Brocart de M. Alexieff. Id.

Restaurant Yar..... Id.

Gare du chemin de fer de Riazau.. Id.

Place de l'église Saint-Sauveur .... Id.

Jardin de l'Ermitage ..... Id.

Jardin de l'Alhambra..... Id.

Pont de Pierre..... Id.

Jardin public ..... Riga.

Atelier de construction de M. Kour-  
batow..... Nijni-Nowgorod.

Raffinerie (Société impériale d'A-  
lexandre) ..... Odessa.

Boulevard de la ville..... Id.

Ateliers du chemin de fer..... Poltava

Ateliers de la Compagnie de navigation  
du Dnieper..... Kiew.

SUÈDE

Café Concert (Blanch) ..... Stockholm.

SUISSE

Grand-Hôtel de l'Engadine..... St-Moritz près Zurich

ÉCLAIRAGE

PAR LA

BOUGIE ÉLECTRIQUE

des Voies publiques

des Grands Magasins, Cafés

Salles de Concerts, Théâtres, Hôtels, Restaurants

Musées, Eglises, Palais, Monuments publics

Ateliers, Usines, Gares de Chemins de fer

Docks, Chantiers de travaux, etc., etc.

NOTICE

Extraite du journal « LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE »

(N° du 15 juin 1880.)

Vers la fin de l'année 1876, M. Jablochhoff, étudiant les régulateurs électriques, jusque-là seuls en usage pour la production de la lumière, reconnut qu'un avantage très grand comme régularité et comme puissance pouvait être obtenu en introduisant dans l'arc voltaïque une matière minérale propre à se volatiliser dans sa chaleur. Il résolut de construire une lampe sur ce principe. Ses recherches le conduisirent bientôt à renoncer à la disposition des charbons



placés en prolongement l'un de l'autre pour en venir à les placer au contraire parallèlement ; avec cette combinaison nouvelle, de nouvelles difficultés étaient à vaincre. D'abord, celle qui résulte de l'inégale combustion des charbons soumis à l'action électrique. On sait que l'un d'eux brûle à peu près deux fois plus vite que l'autre. On chercha d'abord à surmonter cet obstacle en prenant deux électrodes inégales, le charbon positif ayant un diamètre double de celui du charbon négatif. Le brûleur fut alors composé d'une enveloppe cylindrique d'amiante dans laquelle étaient disposés les deux charbons noyés dans la matière isolante. L'appareil avait tout à fait la figure d'une bougie dont il prit le nom.

Ces résultats, très importants, furent néanmoins incomplets. Les charbons se maintenaient bien à la même hauteur mais le plus petit rougissait sur une grande longueur, inconvénient très grave. M. Jablochkoff eut alors l'idée, au lieu des courants continus, d'employer des courants de sens alternatif avec des charbons égaux. On essaya avec la machine de l'Alliance qui, seule en ces temps-là, fournissait des courants de ce genre ; on reconnut que cette voie était la bonne et que le succès était assuré.

Il restait néanmoins beaucoup de détails à corriger. Il fut reconnu que l'arc voltaïque passant presque toujours directement d'un charbon à l'autre négligeait la masse isolante qui les entourait ; dès lors, celle-ci et son enveloppe devenaient non seulement inutile, mais nuisible. On les supprima ; la bougie présenta à peu près la forme actuelle, seulement la matière isolante, que l'on désigne sous le nom de colombin,

était plus abondante et empâtait à peu près complètement les crayons.

On étudia alors séparément les crayons, puis leur isolant. Toutes les espèces de charbons en usage furent essayées : charbons de cornue, charbons artificiels de MM. Archereau, Gaudin, Garré, etc. ; ces derniers furent préférés.

Pour le colombin, la recherche fut plus délicate ; il doit, en effet, posséder plusieurs qualités : il faut qu'à froid il isole bien, qu'à la température de l'arc voltaïque il devienne sensiblement conducteur afin de fournir à l'électricité un chemin assuré ; il ne doit pas éprouver de retrait à la chaleur afin qu'il n'abandonne pas les charbons ; enfin, il doit se brûler dans la même proportion que ceux-ci, afin de se maintenir à la hauteur de leurs pointes.

Le kaolin fut longtemps préféré ; il fond en laissant à sa surface une petite goutte liquide qui fournit à l'électricité un chemin très favorable et donne beaucoup de régularité à la lumière ; avec ce colombin, on constitua des bougies qui purent être facilement placées à raison de 8 foyers sur un seul circuit desservi par une machine de 4 chevaux ; sur une des machines actuelles de 16 foyers, on en pourrait placer 32.

Malheureusement, ces effets utiles ne sont pas obtenus sans une notable absorption de chaleur opérée au détriment de la lumière. Cet inconvénient parut assez grave pour faire renoncer au kaolin, on lui substitua un mélange par parties égales de sulfate de chaux et de sulfate de baryte ; c'est le colombin actuellement employé. Il ne fond pas, il se volatilise directement dans l'arc et contribue ainsi à l'augmentation de la lumière. Il est d'ailleurs plus facile à poser que le

kaolin ; celui-ci devait être presque modelé, l'autre se traîne comme le plâtre, il se file comme une moulure.

Cet historique a paru utile afin de faire comprendre que la forme actuelle de la bougie n'a point été adoptée sans motif, qu'elle est le résultat de longues et persévérantes études dans lesquelles tous les cas ont été prévus et étudiés. On conçoit bien, par exemple, qu'au cours de ces travaux il est arrivé nombre de fois que, le colombin venant à quitter les charbons, ceux-ci continuaient à brûler ; on se trouvait ainsi en présence de la bougie formée de deux charbons parallèles sans isolant ; cette disposition qui s'est présentée à bien des reprises a été écartée après examen. On a immédiatement reconnu qu'une moulure de plâtre (travail si insignifiant que deux ouvriers en font 15,000 par jour) était de tous les appareils le plus sûr pour assurer le parallélisme de deux charbons ; elle a, de plus, l'avantage de faire de ces deux crayons un seul système, simple, presque grossier, ne comportant aucun mécanisme accessoire ; comme on travaillait pour assurer une exploitation qui devait être de grandes proportions et non pour des expériences de laboratoire, aucun doute n'était possible. Une application de deux années chaque jour grandissante a montré combien on était dans la vérité.

La simplicité assurant la sécurité a été le but poursuivi avant tout ; on n'a pas hésité à lui sacrifier même des dispositions qui avaient leurs avantages. Ainsi, des parcelles métalliques mélangées au colombin permettent d'éteindre et de rallumer à volonté une bougie. Ce mélange compliquait le travail ; l'expérience a prouvé, d'ailleurs, que ce rallu-

mage n'était que d'une utilité très relative, on y a renoncé pour éviter une augmentation de prix. Il serait aisé d'y revenir si cela était jugé définitivement nécessaire.

A côté de l'étude de la bougie, organe essentiel du système, on a conduit l'étude des organes accessoires destinés à l'installer.

Le chandelier qui la supporte n'a pas beaucoup varié ; la bougie est si simple qu'une pince métallique quelconque lui convient. Une pince à ressort est généralement en usage. Toutefois, on a essayé des pinces à vis et aussi des supports à contacts multiples formés par des balais. Ces dispositions ne sont utiles que dans des cas particuliers.

On sait que pour avoir des éclairages de durée indéfinie on emploie des chandeliers portant un certain nombre de bougies qui s'allument successivement. Un commutateur est employé pour opérer cette substitution. Cet organe peut être manié directement ou disposé pour marcher automatiquement. Les deux systèmes sont employés suivant les cas. Les commutateurs à main ont été d'abord placés au pied du chandelier ou du moins dans son voisinage ; on simplifie généralement aujourd'hui en disposant des circuits circulaires portant plusieurs bougies commandées par un commutateur central. Ces procédés seront aisément compris sans plus de développement. Plusieurs systèmes de commutateurs automatiques sont appliqués ; ils sont généralement fondés sur l'emploi d'un fil métallique placé dans la bougie auprès des pinces. Lorsque ce fil est atteint par l'arc électrique, il brûle, un ressort qui y était attaché



se détend et dans sa nouvelle position fait passer le courant dans la bougie voisine.

Il convient de signaler particulièrement une ingénieuse combinaison créée au laboratoire de la société vers la fin de l'année 1878. Elle consiste à conduire le courant à la fois à toutes les bougies d'un même chandelier, les plaçant ainsi toutes en dérivation. Il a été reconnu que, dans un appareil ainsi disposé, le courant, quoique pouvant passer à travers toutes les bougies, ne les allume pas toutes, il n'enflamme que la moins résistante et s'y tient jusqu'à complète combustion, après quoi il passe à une autre et ainsi de suite. Pour assurer la marche du chandelier on lui adjoint des systèmes analogues à ceux déjà décrits, dans lesquels un fil métallique brûlé par la flamme lâche un ressort et force le courant à quitter la bougie usée. Ce chandelier à dérivation, dû à M. Gadot, ingénieur de la Société, pourrait n'être pas sans inconvénients dans un service de longue durée; mais il est d'une installation très simple, très rapide, exige peu de fil, il est par conséquent très précieux pour les applications fréquentes qui n'ont qu'une médiocre durée et veulent de la promptitude. Dans les établissements stables on emploie généralement le commutateur central à mercure dont la disposition est la suivante :

Un axe métallique porte une petite roue également métallique plongeant continuellement dans un auget rempli de mercure dans lequel est amené le courant; cet axe est muni d'ailettes disposées en hélice pouvant plonger dans d'autres cuvettes pleines de mercure isolées entre

elles et réunies individuellement avec chacune des bougies. Le courant passe par la roue, l'axe et l'ailette plongée pour aller allumer une bougie. Lorsque celle-ci vient à sa fin, le courant ne trouvant plus de passage se dirige à travers un fil de dérivation enroulé autour d'un électro-aimant. L'armature de celui-ci commande un système d'échappement à ancre fixé sur l'axe, en sorte que lorsque le courant abandonne la bougie pour prendre la dérivation il anime l'électro-aimant qui fait tourner l'axe d'une dent; à ce moment l'ailette qui était plongée sort et la suivante plonge envoyant le courant à la bougie suivante. Cet appareil très simple peut commander soit un seul foyer soit tous les foyers d'un même circuit, soit encore plusieurs circuits.

A l'aide de ces appareils, quel que soit celui qu'on emploie, on peut donner à un éclairage la durée que l'on veut. On fait, par exemple, dans la gare d'Anvers-Bassins, aux Forges de Hayange, etc., un service de 18 heures sans qu'il soit nécessaire de toucher aux chandeliers.

Des perfectionnements successifs ont été de même apportés dans le choix et l'installation des conducteurs. Tout d'abord, tenant avant toute chose à la sécurité, on employait des câbles de forte section; peu à peu on l'a réduite dans de justes proportions. Il est aisé de concevoir que cette réduction a une limite qu'il ne faut pas dépasser. En employant de gros conducteurs on présente un large chemin à l'électricité et l'on gagne de la force motrice, mais la dépense en fils métalliques est élevée; si au contraire on choisit des fils très fins on gagne sur cet élément; mais pour faire courir

l'électricité par ce débouché étroit on est obligé à une plus forte dépense de force motrice; de plus, quand on penche vers cet excès, on entre dans la voie des tensions excessives très dangereuses à plus d'un égard. Entre ces deux extrêmes, une expérience méthodique a fait reconnaître les dimensions convenables suivant les cas pour joindre l'économie à la sécurité.

Une observation analogue doit être faite au sujet de la distance à laquelle on peut porter la lumière. Dans l'éclairage établi sur le quai de la Tamise, une bougie a été allumée et entretenue à 14 kilomètres de la source électrique. Un pareil résultat est aisé à renouveler, mais il doit être considéré seulement comme une intéressante expérience, un tour de force curieux; ce n'est nullement de la pratique raisonnable.

En fait, au-delà de 1,500 mètres, à moins de cas exceptionnels, il n'y a pas avantage, au moins dans l'état actuel, à prolonger la conduite directe; le mieux est alors d'installer un nouveau centre moteur ou d'employer l'électricité à faire mouvoir une machine formant relais, disposition nouvelle qui a été essayée récemment.

Il est presque inutile d'ajouter qu'on n'a négligé aucun des moyens propres à réduire la dépense au point de vue de la longueur, de la pose et de l'isolement des conducteurs. Une importante simplification est l'emploi d'un fil de retour commun non seulement à plusieurs circuits, mais encore à plusieurs machines. Les fils sont accrochés le plus simplement possible; au besoin, un fil de fer nu, semblable à un fil télégraphique, peut être employé placé en l'air sur des supports.

Au contraire, des conducteurs couverts de plomb, enfouis en terre sans revêtement, ont bien réussi; dans ce cas, le plomb peut former fil de retour.

Il reste à dire un mot des machines génératrices d'électricité.

Toutes les sources actuellement appliquées ont été mises à l'essai; nous citerons les machines de l'Alliance, de Lontin, Gramme, Siemens et Wilde. Toutes ces machines peuvent être employées et peuvent, suivant les cas, présenter des avantages spéciaux. En général, il y a lieu de choisir les appareils de Gramme ou de Siemens; de préférence, la récente machine auto-excitatrice de Gramme. Dans cette machine, l'excitatrice à courant continu et la productrice de lumière à courant alternatif sont sur le même arbre dans le même bâti; il en résulte moins de gêne et de chances d'accidents dans les transmissions, moins d'encombrement, un plus bas prix et une meilleure lumière, la production électrique étant plus régulière.

La bougie se prête à tous les genres d'installations qui peuvent être réclamés. Un même appareil peut, avec des courants d'intensité différente, fournir des lumières graduées; mais afin de mieux approprier le moyen au but cherché, on a construit plusieurs sortes de bougies. (Voir le tarif.)

Les applications faites avec ces appareils sont très nombreuses; plus de 2,500 foyers sont journellement en service dans les diverses parties du monde. On a consommé, en

(1) Au mois d'avril 1881, le nombre de foyers est de plus de 3.500.



1878, 420,000 bougies; en 1879, les sorties se sont élevées à plus de 980,000. Sans vouloir énumérer les installations, nous y remarquerons des voies publiques, quais de rivières et de chemins de fer, des chantiers de travaux publics, travaux de ports, des mines, des théâtres, parmi lesquels nous rappelons l'Hippodrome, le Châtelet et le théâtre Bellecour, à Lyon, où l'illumination de la scène est fréquemment demandée à la seule électricité. Des musées, des expositions (le Salon, actuellement éclairé), des ateliers de toute nature, forges, filatures, etc.; de grands magasins, cafés, brasseries, des hôtels publics et privés, de très importantes gares de chemins de fer (Anvers-Bassins, l'une des plus considérables du monde), puis les installations comme les éclairages de navire (le *Touriste* qui va faire le service entre Paris et Rouen, divers navires de flottes étrangères), des églises, enfin les installations volantes, promenades, réjouissances publiques, fêtes privées, etc. On ne saurait tout énumérer; la bougie voit tous les jours ses applications s'étendre dans la plus vaste proportion.

## FRAIS D'INSTALLATION ET DE CONSOMMATION

Pour chiffrer l'économie sur l'éclairage au gaz, il faut évaluer :

- I<sup>o</sup> Le prix d'installation d'un foyer électrique.
- II<sup>o</sup> La dépense de consommation horaire.
- III<sup>o</sup> La puissance lumineuse de chaque foyer.

Nous allons examiner successivement ces trois points :

### I.

#### Frais d'installation.

L'installation d'un éclairage électrique comprend quatre parties distinctes :

- 1<sup>o</sup> Celle du moteur;
- 2<sup>o</sup> Celle de la machine électrique;
- 3<sup>o</sup> Celle de la canalisation;
- 4<sup>o</sup> Celle de l'appareillage.

1<sup>o</sup> — La force motrice peut être donnée indifféremment par un moteur à vapeur, à gaz ou à eau.

Suivant le cas, on emploiera l'un ou l'autre de ces trois systèmes de moteurs.

Pour l'éclairage des locaux petits et moyens des villes, on pourra se servir des moteurs à gaz, qui sont à l'abri de la réglementation administrative et qu'il est facile d'installer partout.

Les moteurs à vapeur seront installés dans la majeure

partie des cas. Dans le voisinage des chutes d'eau, les moteurs à eau, roues hydrauliques et turbines, donneront une force motrice très économique. L'important est que le moteur ait une marche très régulière, et autant que possible, s'il sert concurremment à l'éclairage électrique et à un autre travail, que ce dernier soit un travail régulier et sans à-coups.

2<sup>o</sup> — Les machines dynamo-électriques de tout type à courants alternatifs peuvent servir pour l'alimentation des foyers lumineux. Les machines Gramme et Siemens sont les plus connues. Elles sont de divers types et peuvent produire une quantité de foyers lumineux variable de 4 foyers à 20 foyers.

3<sup>o</sup> — La canalisation se compose d'une corde en fil de cuivre rosette recuit, enveloppée d'une gaine isolante en caoutchouc. Elle se pose à l'extérieur absolument comme les canalisations de gaz.

Lorsqu'on doit faire passer le conducteur en tranchée, on peut le protéger soit par un tuyau en plomb, soit par une conduite de poterie cimentée.

4<sup>o</sup> — L'appareillage électrique comporte :

1<sup>o</sup> Des supports de formes extrêmement diverses, bras, candélabres, lyres, etc., etc., dont le prix peut varier dans des limites très larges, suivant les degrés de luxe qu'on désire apporter à l'installation.

2<sup>o</sup> Des chandeliers, qui reçoivent d'avance un nombre déterminé de bougies, de façon à assurer, par un simple

mouvement de commutateur, la continuité de l'éclairage, pendant un temps dont la durée n'est pas limitée.

La disposition de l'appareil permet de faire passer, de la façon la plus élémentaire, le courant d'une bougie près de finir dans une bougie nouvelle, sans qu'il y ait une interruption apparente. Ce travail peut être fait par un simple manœuvre.

3<sup>o</sup> Des globes qui tamisent la lumière et qui seront, suivant les cas, soit en verre transparent, soit en verre opalin, soit en verre de couleur.

La multiplicité des types de machine, et les différences que présentent entre elles toutes les installations rendent impossible l'évaluation précise de ce que coûtera l'établissement d'un éclairage. Il est clair que, proportionnellement, le prix d'établissement sera d'autant plus réduit que le nombre de foyers sera plus grand. L'emploi d'un moteur spécial ou commun, l'étendue du circuit, de fils conducteurs, le plus ou moins de luxe de l'appareillage apporteront dans l'établissement des divers devis des éléments notablement différents.

On peut toutefois admettre que, dans la moyenne des cas, l'établissement d'un foyer lumineux atteindra le prix de 1,000 fr. Ce prix pourra être considérablement réduit dans les locaux industriels où on emploiera un moteur déjà existant, où l'appareillage sera simple, etc., etc.



II.

**Frais de Consommation.**

D'après ce que nous venons de dire, on voit que les prix de consommation se composent :

- 1° Du prix de la bougie
- 2° Du combustible du moteur;
- 3° Du salaire de l'homme chargé de la conduite des machines;
- 4° Enfin de l'amortissement des capitaux immobilisés.

Le prix de la bougie a considérablement varié depuis un an et demi. Il a suivi l'abaissement du prix de revient et les progrès de la fabrication. Fixé d'abord à 0,75 cent., puis à 0,60 et à 0,50 pour des bougies durant une heure et demie, il a été abaissé à 0,40 cent. et enfin à 0,30.

De plus, la durée des bougies est aujourd'hui de deux heures. Il en résulte que le prix de la consommation horaire des bougies a été, en moins de deux ans, abaissé de 0,50 cent. à 0,15.

Les autres éléments du prix de la consommation horaire sont variables avec l'importance de l'éclairage et les moteurs employés. Aussi serait-il difficile de l'évaluer d'une façon absolue.

Aussi préférons-nous nous en tenir à deux exemples choisis, l'un, dans une installation luxueuse, l'autre, dans une installation industrielle.

Dans le premier cas, aux Magasins du Louvre, à Paris, il a été constaté, à l'époque où l'éclairage était restreint au Hall-Marengo, qu'il permettait une économie de 300/0 sur le prix de l'éclairage au gaz, en donnant infiniment plus de lumière.

Dans le deuxième cas, à l'usine de MM. Carels, constructeurs de machines à Gand, 6 foyers électriques ont remplacé 126 becs de gaz et un certain nombre de lampes à huile. L'économie constatée par des essais minutieux a été de 50 0/0.

Il est juste d'ajouter que ces deux prix comparatifs ont été établis alors que la bougie ne durait qu'une heure et demie et coûtait 0,60 et 0,50 cent. Depuis l'époque où ces études ont été faites, les Magasins du Louvre ont porté leur éclairage de 6 à 84 foyers, et MM. Carels de 6 à 16 foyers.

III.

**Puissance lumineuse des Foyers.**

La puissance lumineuse des foyers a été extrêmement controversée. Elle vient d'être récemment l'objet de mesures très précises, de telle façon qu'on peut considérer la question comme définitivement tranchée.

Les essais ont porté sur des foyers analogues à ceux qui brûlent dans l'avenue de l'Opéra. Toutefois, on peut faire varier l'intensité lumineuse en modifiant la construction des machines qui produisent le courant électrique. Des foyers d'intensité égale à la moitié de l'intensité des foyers de

l'avenue de l'Opéra peuvent être obtenus avec une force motrice moitié moindre. Alors que les premiers foyers absorbent environ 1 cheval de force motrice chacun, les seconds ne prennent qu'un  $\frac{1}{2}$  cheval.

Les expériences photométriques ont été faites comparativement à la lampe carcel brûlant 42 grammes d'huile à l'heure, et comparativement aux becs de gaz multiples que la Compagnie Parisienne du Gaz a placés dans la rue du Quatre-Septembre.

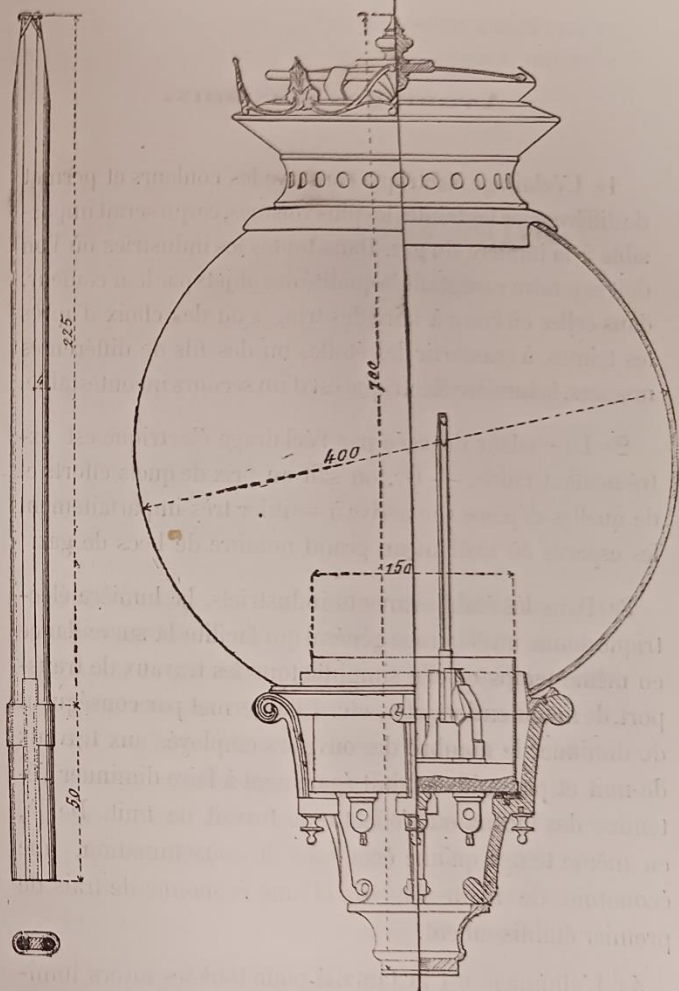
Elles ont donné : par bougie brûlant : 1° à nu, c'est-à-dire sans globe, 50 becs carcel environ ; 2° dans un globe laiteux, de 30 à 35 becs carcel.

Par bougie brûlant dans un globe opale, 2 fois  $1\frac{1}{2}$  l'intensité d'une lanterne à gaz de la rue du Quatre-Septembre.

Ces résultats sont intéressants à noter, parce qu'ils permettent d'établir des prix de revient comparatifs pour une quantité de lumière égale, donnée par un certain nombre de becs de gaz remplacés par quelques foyers électriques.

En réalité, il ne faut pas calculer ainsi, et il faut chercher quelle est la quantité de becs de gaz pratiquement remplacée par un foyer électrique. C'est par une évaluation semblable qu'ont été établis les prix comparatifs donnés plus haut.

L'économie est donc considérable.



Bougie et foyer complet.



### Avantages spéciaux.

1<sup>o</sup> L'éclairage électrique conserve les couleurs et permet de différencier les teintes les plus voisines, ce qui serait impossible à la lumière du gaz. Dans toutes les industries où l'on doit se rendre compte de la qualité des objets par leur couleur, dans celles où l'on a à faire des triages ou des choix d'après les teintes, à réassortir des étoffes ou des fils de différentes nuances, la lumière électrique est d'un secours incontestable.

2<sup>o</sup> La chaleur dégagée par l'éclairage électrique est extrêmement faible. — Or, on sait au prix de quels efforts et de quelles dépenses on arrive à ventiler très imparfaitement les espaces où brûlent un grand nombre de becs de gaz.

3<sup>o</sup> Dans les établissements industriels, la lumière électrique donne un éclairage général qui facilite la surveillance en même temps qu'elle simplifie tous les travaux de transport, de manutention, etc., etc. Elle permet par conséquent de diminuer le nombre des ouvriers employés aux travaux de nuit et par suite conduit également à faire diminuer l'étendue des locaux où s'effectue le travail de nuit. De là, en même temps qu'une économie de consommation, une économie de main-d'œuvre et une économie de frais de premier établissement.

4<sup>o</sup> L'allumage est instantané pour tous les foyers lumineux alimentés par une même machine dynamo électrique.

5<sup>o</sup> Enfin l'éclairage électrique ne produit aucun miasme délétère. Il supprime les dépôts charbonneux qui détériorent les décors, peintures, etc.

## L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE et les chances d'incendie.

Les incendies récents des magasins du Printemps et du Théâtre de Nice remettent en question l'examen des moyens propres à prévenir et à combattre les dangers du feu.

Ces dangers résultent dans la plupart des cas de l'emploi du gaz dans l'éclairage. Un robinet ouvert, un tuyau qui crève, suffisent pour amener des explosions, et si l'incendie a une autre origine, le gaz qui s'écoule de la canalisation rompue contribue à augmenter l'activité du foyer.

L'emploi du gaz ne se justifie dans tous les établissements importants que par une surveillance qui doit être exercée avec une vigilance extrême. Mais elle peut être déjouée, comme cela a eu certainement lieu au Printemps et au Théâtre de Nice, et dès lors les conséquences d'une simple négligence ou d'un oubli peuvent être incalculables.

C'est ce qu'ont bien compris les propriétaires d'un certain nombre de Magasins de nouveautés et de théâtres, qui ont adopté et étendu progressivement l'éclairage électrique qui, par son essence même, atténue les dangers d'incendie

3

dans une proportion considérable. D'autres établissements du même ordre les ont suivis dans cette voie, mais plus timidement, car substituer un système nouveau d'éclairage à l'ancien inutilise un matériel considérable et oblige à une dépense d'installation nouvelle.

On hésite, on renvoie à plus tard une décision à prendre et vient un jour où la maison brûle.

Les Compagnies d'Assurances ouvrent leurs caisses et paient le dommage. Il faut reconstruire la maison, perdre du temps, c'est-à-dire de l'argent, mettre sur le pavé de nombreux employés et ouvriers.

Bref, tout le monde souffre ; mais la routine est là, et la leçon ne profite à personne.

Quels sont donc les coupables ?

D'abord les Compagnies d'Assurances qui, jusqu'à présent, ont reconnu platoniquement les avantages de la lumière électrique et son innocuité au point de vue des chances d'incendie, mais qui n'ont encore encouragé son emploi par aucune réduction de primes.

Ensuite les industriels, qui comptent sur le hasard pour protéger leurs établissements contre l'incendie, et qui, par nonchalance plutôt que par une décision réfléchie, renoncent aux bénéfices d'un éclairage qui, les premiers frais d'installation une fois faits, leur assurera sécurité et économie.

Faut-il dire, une fois de plus, les arguments cent fois répétés qui recommandent l'emploi de l'éclairage électrique, au point de vue de la sécurité.

Au lieu d'être en plomb, métal très fusible, susceptible

de s'ouvrir et de laisser passage au gaz sans le moindre effort, que la malveillance peut détruire avec la plus grande facilité, la canalisation électrique est simplement formée d'une corde ou d'un fil de cuivre, enveloppé d'une substance isolante.

Si le circuit est détruit, coupé (ce qui ne peut d'ailleurs être fait qu'intentionnellement) à l'inverse de ce qui se passe dans le cas du gaz, le fluide ne circule plus et tous les foyers lumineux s'éteignent.

Ainsi donc : d'une part, par suite d'une fuite pouvant se produire avec une extrême facilité, soit par malveillance, soit par accident, le gaz se répand à flots et forme avec l'air un mélange explosif qu'une simple étincelle fera détoner ; d'autre part, s'il y a interruption accidentelle du circuit, extinction pure et simple des foyers lumineux.

Les incendies peuvent aussi se produire par action directe de la flamme des foyers lumineux sur les objets combustibles, étoffes, gaze.

Or, un foyer électrique qui donne une flamme de dimension presque nulle, se substituant à un nombre de becs de gaz considérable, les chances d'incendie sont réduites dans la même proportion.

D'ailleurs, il est important de remarquer que la combustion du gaz dégageant une chaleur considérable, l'inflammation des matières inflammables est rendue plus facile par suite de l'élévation de la température dans les locaux qui sont éclairés au gaz.

La lumière électrique, au contraire, dégage une chaleur



extrêmement peu considérable, puisqu'un foyer donnant une lumière égale à celle de plusieurs centaines de bougies stéariques ne chauffe pas plus qu'une seule.

Il est à peine utile d'insister plus longtemps et nous pouvons nous en dispenser en invoquant le témoignage autorisé de M. PARIS, colonel du régiment des Sapeurs-Pompiers de la ville de Paris.

Quelques jours après l'incendie des Magasins du Printemps, M. le colonel Paris a fait paraître dans la *Revue politique et littéraire* (N° du 19 mars 1881) un article dont nous reproduisons ci-après les conclusions :

Presque tous les grands magasins de Paris sont, qu'ils le sachent bien, destinés au même sort que le Printemps si le feu y prend et n'y est pas éteint au bout de quelques minutes. Pourquoi ?

Il est rare qu'ils aient atteint du premier coup le développement qu'ils ont aujourd'hui. A part le Louvre, le mieux défendu contre le feu, mais qui ne l'est point encore assez complètement, comme on le verra tout à l'heure, presque tous ont commencé d'une façon plus ou moins modeste et se sont successivement agrandis. Pygmalion, le Bon Marché en sont là, comme était le Printemps. On fait de bonnes affaires, on achète l'immeuble voisin, on perce les murs de vastes baies, on en construit d'autres, invariablement en pans de bois ; si les pièces ne sont pas au même niveau, on les réunit par des escaliers, on installe des ascenseurs pour la commodité du public, etc.

Eh bien, qu'on le sache :

Ces murs en pans de bois sont des morceaux d'amadou ; ces vastes baies dont on les perce facilitent la propagation du feu, bien plus que la circulation du public ;

Et les ascenseurs constituent des cheminées d'appel qui font, en un clin d'œil, grimper l'incendie du rez-de-chaussée au faite

de la maison, en mettant sa carte de visite aux étages intermédiaires.

Entre un pareil cadre, bondé de comptoirs, de rayons, d'armoires en bois verni, d'étoffes légères et de menus objets de fantaisie, sillonné de conduites de gaz, etc., et un monceau d'étoupes, quelle différence y a-t-il ? Voulez-vous nous le dire ? Nous, nous n'en voyons pas.

Donc :

Plus de murs en pans de bois : des briques revêtues de plâtre, voilà la solidité et la sécurité.

Séparation de chaque étage en îlots ou quartiers isolés les uns des autres par des vannes en fer, comme la scène des théâtres l'est de la salle et de l'arrière-scène, quand il y en a une, et fermeture de ces vannes tous les soirs, pour la nuit. Ce ne sera pas beau, dira-t-on ? La belle affaire, si cela sauve votre fortune et le pain de vos employés ! D'ailleurs, soyez tranquilles ! Le jour où ce système passera dans la pratique, les ouvriers parisiens ne seront pas longtemps à vous transformer cette laide ferrure en un ornement.

Installation de ces vannes à droite et à gauche des cages d'escalier et de l'ascenseur, de manière à les isoler complètement et éviter le tirage puissant qu'exerce en s'y engageant l'air surchauffé des étages inférieurs, lorsque le feu y a pris.

### Enfin, suppression du gaz et éclairage à la lumière électrique. . . . .

Nous n'affaiblirons cette dernière conclusion par aucun commentaire.

## PRIX-COURANT

### I. Bougie Jablochkoff.

L'une (emballage non compris)... TRENTE CENTIMES

A partir du 1<sup>er</sup> juillet 1881.

Cette bougie est la bougie normale à charbons de 4<sup>mm</sup> de diamètre, donnant une intensité de 45 à 50 becs Carcels et prenant 1 cheval de force motrice.

Il peut être livré également des bougies donnant une intensité plus considérable ou plus faible, avec une force motrice augmentée ou réduite.

**NOTE IMPORTANTE.** — Il pourra être fait des réductions sur les prix de Bougies indiquées au présent tarif dans le cas d'installations d'une importance exceptionnelle ou de contrats de longue durée.

1 Tous les prix sont ceux de Paris.

Pour l'Etranger, il y a lieu de leur ajouter les frais de transport, de douane primes, etc., qui sont variables suivant chaque cas particulier.



## II. Accessoires.

|                                                     |   |                                                     |        |   |
|-----------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------|--------|---|
| Chandelier                                          | { | 4 bougies.....                                      | fr. 20 | » |
|                                                     |   | 6 bougies.....                                      | 25     | » |
| Commutateur                                         | { | 2 directions.....                                   | 12     | » |
|                                                     |   | 4 directions.....                                   | 16     | » |
|                                                     |   | 6 directions.....                                   | 20     | » |
| Chandelier commutateur                              | { | 4 bougies.....                                      | 35     | » |
|                                                     |   | 6 bougies.....                                      | 43     | » |
| Globes 40 c/m                                       | { | A. Opale ancien.....                                | 15     | » |
|                                                     |   | B. Id. clair.....                                   | 15     | » |
|                                                     |   | C. Id. laiteux.....                                 | 15     | » |
|                                                     |   | D. Niellés-Baccarat.....                            | 30     | » |
|                                                     |   | E. Craquelés.....                                   | 15     | » |
|                                                     |   | F. cristal clair.....                               | 10     | » |
| Globes 50 c/m                                       | { | Opales.....                                         | 25     | » |
| Id. 60 c/m                                          |   | Id. ....                                            | 50     | » |
| Manchon opale                                       |   |                                                     | 1 50   |   |
| Croisillon                                          | { | ordinaire.....                                      | 16     | » |
|                                                     |   | à bayonnettes.....                                  | 18     | » |
| Couronnement avec plaque opale.....                 |   |                                                     | 15     | » |
| Plaque opale de rechange.....                       |   |                                                     | 1 50   |   |
| Conducteur isolé au caoutchouc....                  |   | le mètre                                            | 1 50   |   |
| Id. entouré d'une gaine de plomb id.                |   |                                                     | 2      | » |
| Crochets à gaz.....                                 |   | le mille                                            | 8      | » |
| Compteur de tours velocimètre.....                  |   |                                                     | 50     | » |
| Balais pour machine                                 | { | machine lumière fr. 2 50                            | 2 50   |   |
|                                                     |   | id. excitatrice 4                                   | 4      | » |
|                                                     |   | Id. lumière.....                                    | 4      | » |
| type 2                                              | { | id. excitatrice....                                 | 5      | » |
| Garniture de                                        | { | Support-graisseur et griffes pour auto, type 1..... | 58     | » |
|                                                     |   | Support-graisseur et griffes pour auto, type 2..... | 75     | » |
| Emballage et port en sus à la charge de l'acheteur. |   |                                                     |        |   |

## PRIX DES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

PRISES A NOTRE USINE

### MACHINES AUTO-EXCITATRICES

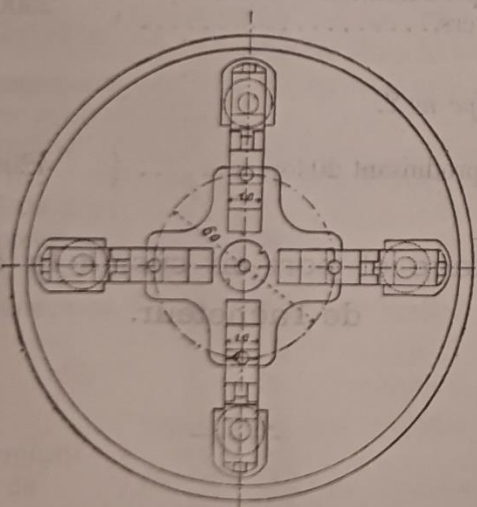
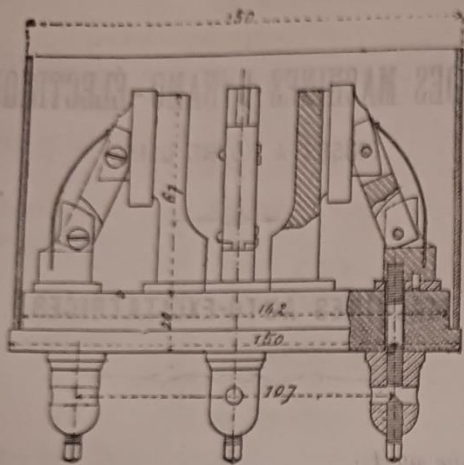
Type n° 1.

Machine produisant à volonté, 4, 6 } 2500 fr.  
ou 8 foyers..... }

Type n° 2.

Machines produisant 20 foyers ..... } 4200 fr.

Emballage et port en sus, à la charge de l'acheteur.



Chandelier pour 4 bougies.

### Note importante.

Un devis détaillé sera adressé à toute personne qui en fera la demande à M. le Secrétaire général de la Société générale d'Electricité, procédés Jablochkoff, 61, Avenue de Villiers, Paris.

Il est indispensable de donner à l'appui de la demande les renseignements suivants :

1° Étendue des locaux à éclairer, leur hauteur, forme des plafonds (vitrés ou non), couleur des murs, emplacement du moteur, des transmissions, des colonnes supportant les paliers, vitesse de rotation des divers arbres de transmission.

2° Nature du ou des moteurs, leur force en chevaux vapeur. Puissance des générateurs si elle est supérieure à celle de la machine. Nombre de chevaux disponibles, déduction faite de la force absorbée dans la marche normale de l'établissement.

Dans le cas où il n'existerait pas de moteurs, faire connaître les espaces libres où on pourrait en installer, en indiquant la position et les dimensions, largeur, longueur, des cheminées dans lesquelles on pourrait évacuer les produits de la combustion;

3° Espaces libres où il serait possible d'installer les machines dynamo-électriques;

4° Nombre de becs de gaz, lampes à huile ou à pétrole employés actuellement pour l'éclairage, avec une apprécia-



tion sur la quantité de lumière produite. Durée moyenne des heures d'éclairage en été et en hiver. Dépense moyenne des becs en litres par heure d'éclairage. Prix auquel on paie le mètre cube de gaz.

Le moyen le plus simple de donner ces renseignements est d'envoyer un dessin coté indiquant les plans et élévations des différentes parties de l'établissement avec l'indication de l'emplacement des becs de gaz, des moteurs, transmissions, le contour apparent des outils-métiers, etc., à éclairer, etc., etc.

Les représentants de la Société générale auxquels on peut s'adresser pour tous renseignements sont :

### I. En France.

M. DE PASCAL, 34, quai de la Charité, à Lyon;

Pour les départements de la Côte-d'Or, Nièvre, Allier, Saône-et-Loire, Jura, Doubs, Puy-de-Dôme, Loire, Rhône, Ain, Haute-Loire, Isère, Haute-Savoie, Savoie, Drôme, Ardèche, Meurthe-et-Moselle, Gard.

M. PELEGRY, 40, place des Carmes, à Toulouse;

Pour les départements des Hautes-Pyrénées, Ariège, Pyrénées-Orientales, Gers, Haute-Garonne, Tarn, Aude, Aveyron, Lot-et-Garonne, Lot, Cantal, Hérault et Basses-Pyrénées.

M. BONFANTE, rue Gresset, 3, à Nantes;

Pour les départements de la Loire-Inférieure, Vendée, Charente-Inf., Morbihan, Ille-et-Vilaine, Maine-et-Loire.

M. CAUNE, à Marseille, 4, place Corderie;

Pour les départements des Bouches-du-Rhône, Var, Vaucluse, Lozère, Alpes-Maritimes, Basses-Alpes, Hautes-Alpes.

M. RENAUX-LEMERRE, à Roubaix;

Pour les départements du Nord, Pas-de-Calais, Somme, Aisne.

M. GARDÉ, 8, place d'Aquitaine, à Bordeaux;

Pour les départements de la Gironde, des Landes, de la Dordogne, de la Charente, de la Haute-Vienne et de la Corrèze.

M. DESCAMPS, 14, rue Mare, Le Havre;

Pour les départements de la Manche, Calvados, Orne, Eure-et-Loir, Eure, Seine-Inférieure, Oise, Mayenne, Sarthe.

M. SAMARY, Ingénieur-Architecte, rue d'Isly, 15, Alger.

### II. A l'Étranger.

Angleterre-Écosse-Irlande. — M. GAUDET, 139, Cannon-Street, Londres.

Argentine (République). — M. BEMBERG-HEIMENDALD, à Buenos-Ayres.

Belgique. — M. GERNAERT, 5, rue d'Arlon, à Bruxelles.

Brésil. — MM. GROSS & Cie, Rio-de-Janeiro.

Chili. — MM. MAYER, DETMER & Cie, à Valparaiso.

Danemark, Suède et Norvège. — MM. BURMEISTER et WAIN, Copenhague.

Équateur. — MM. L.-C. STAGG Y Cia, à Guayaquil.

Etats-Unis. — MM. SARCIA et MM. CAZADE, CROOKS et REYNAUD, 25, South William street, New-York.

Guatemala. — M. J. KRIEMLER & Co, à Guatemala.

Italie. — M. DELEPIANE, 4, via Brignole-Deferrari, Gènes.

Hollande et colonies. — MM. VAN ES FRÈRES, Brakke-Grond, Amsterdam.

Mexique. — MM. EBRARD & Cie, à Mexico.

Pérou. — MM. Ph. OTT & Cie, à Lima.

Suisse. — STIRNEMANN et Cie, Stadelhofen-Seestrasse, 2, Zürich.

Turquie. — M. LACOINE, directeur des télégraphes ottomans.

Uruguay. — M. Manuel M. GONZALES, Rincon, 140 y 142, Montévidéo.

Venezuela. — MM. JARREN & Cie, à Cavacas.

### TÉMOIGNAGES DE SATISFACTION

Le Chambon-Feugerolles, le 20 Août 1878.

MESSIEURS LES ADMINISTRATEURS.

Je suis heureux de vous annoncer la réussite complète de l'éclairage électrique, de la place de la Mairie du Chambon, la nuit du 18 courant :

Les personnes ayant visité Paris récemment ont convenu que vos appareils s'étaient comportés, au Chambon, aussi bien que ceux que vous avez sur la place de l'Opéra, à Paris.

Tout le monde a convenu que la lumière était splendide...

Agréez, etc.

Signé : CLAUDINON.

Dijon, le 14 Mai 1879.

MONSIEUR LE DIRECTEUR GÉNÉRAL.

Je suis heureux de pouvoir vous témoigner toute ma satisfaction au sujet de l'éclairage électrique, entrepris par vous à l'occasion du concours régional, qui vient d'avoir lieu dans la ville de Dijon. Ces expériences, pleinement réussies, ont certainement, dans une large part, contribué à accroître encore l'intérêt de nos expositions.

Recevez, etc.

Signé : LE MAIRE DE DIJON.



Paris, le 28 Juin 1880.

MONSIEUR LE SECRÉTAIRE GÉNÉRAL.

J'ai l'honneur de vous accuser réception de votre lettre du  
juin.....

Je tiens beaucoup à remercier votre Société de l'obligeance  
extrême avec laquelle vos Directeurs et Agents se sont mis à ma  
disposition pour cet éclairage, qui, bien qu'improvisé, a été  
admiré comme remarquablement beau et régulier.

Recevez, etc.

Signé : CH. VILLARS,  
Adjoint au Maire du XVII<sup>e</sup> arrondissement.

Télégramme. — Paris de Zurich.

12 Juillet 1880.

Votre installation réussie parfaitement, satisfaction générale.

Pour le Comité du Chant Fédéral de Zurich,  
Signé : WEISSENBACH.

Montbard, le 14 Juillet 1880.

MONSIEUR LE DIRECTEUR GÉNÉRAL

Le Comité d'organisation du Festival-Concours de Montbard a  
pensé qu'il vous serait peut-être agréable de connaître le résultat  
de notre éclairage électrique. C'est donc au nom du Comité et au  
mien particulièrement, que je viens vous exprimer toute notre  
satisfaction d'avoir employé cet éclairage.

Recevez, etc.

Signé : PETRY,  
Vice-Président.

Extrait de la « Wiener Allgemeine Zeitung », du 1<sup>er</sup> Août 1880.

LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

Depuis quelques jours, la salle de composition du journal  
« Wiener Allgemeine Zeitung » est éclairée par la lumière élec-  
trique. Cette innovation a satisfait les compositeurs dans une large  
mesure, car ils lui doivent non seulement un ménagement de leurs  
yeux, mais encore l'éloignement de l'atmosphère tropique pro-  
duite par les nombreux becs de gaz qui existaient précédemment.  
Cinq foyers, tamisés par des globes laiteux, répandent une lumière  
claire et blanche dans la vaste salle. La lumière pénètre dans les  
coins les plus reculés de la salle et permet la lecture des ma-  
nuscripts, sans la moindre difficulté ; avantage qui ne peut être  
mis à l'actif du gaz. Pour l'éclairage électrique de notre imprimerie,  
nous avons donné la préférence au système Jablockhoff. Un  
foyer placé au coin de la rue Hohenstaufen et du Schotteuring  
envoie sa blanche et claire lumière jusqu'au delà de la place,  
anéantissant pour ainsi dire les becs de gaz des alentours, dont  
la lumière jaune, inquiète, paraît trembler pour leur existence.

A LA SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ,  
Paris.

Sur la demande de M. Jean Kremenezki, Ingénieur, je certifie  
volontiers, que l'installation de 32 foyers électriques, dans le  
Volksgarten, a été faite dans de solides et bonnes conditions et  
peut être appelée une œuvre parfaite dans son ensemble.

Je certifie en outre que, jusqu'à ce jour, la lumière s'est fait  
remarquer par une constante fixité et une pureté de teinte flat-  
tante.

agréablement l'œil ; que, contrairement à ce que je craignais au  
début, aucune extinction de l'un ou l'autre foyer ne s'est encore  
produite. En un mot, la marche de l'ensemble est parfaite.

Vienne, 19 Août 1880.

Signé : AUGUSTE SZABO,  
Directeur du Volksgarten.

Brest, 30 Août 1880.

La lumière Jablockhoff marche très bien ; toutes les autorités  
sont venues l'admirer : je terminerai mes essais la semaine pro-  
chain et vais faire mon rapport de suite.

Signé : LAHITTE,  
Ingénieur des Constructions navales.

PONTS-ET-CHAUSSEES

Navigation de la Marne

1<sup>re</sup> SECTION

CANAL

de la Haute-Marne

M. LAGOUT

Ingénieur.

St-Dizier, le 11 septembre 1880.

L'Ingénieur des Ponts-et-Chaussées  
chargé du service

à M. le Directeur général de la Société  
Jablockhoff.

MONSIEUR LE DIRECTEUR,

J'ai l'honneur de vous informer que l'éclairage des chantiers du  
canal de la Haute-Marne, à l'aide de vos appareils, a donné des  
résultats très satisfaisants et nous a permis de terminer, pendant  
le chômage, des travaux importants.

Sans doute il est un peu délicat, au début, de régler parfaitement  
la machine à vapeur et la machine électrique, surtout quand  
celle-ci n'est pas auto-excitatrice, mais lorsque ce résultat est  
obtenu, les extinctions sont très peu fréquentes et on peut compter  
sur une lumière sensiblement permanente.

Veillez agréer, Monsieur, l'assurance de ma considération la  
plus distinguée.

Signé : LAGOUT.

Je soussigné, Directeur de la manufacture de draps de  
Messieurs Demachy R. et F. Seillière, à Pierrepont (Meurthe-et-  
Moselle), certifie que le nouvel éclairage qui vient d'être installé  
dans nos ateliers d'appareils, par la Société Générale d'Electricité  
(procédés Jablockhoff), fonctionne parfaitement, et que nous en  
sommes entièrement satisfait.

Pierrepont, le 16 Septembre 1880.

Signé : COLAS.

SCHNEIDER & C<sup>ie</sup>

HOUILLÈRES, FORGES, ACIÈRIES  
& ATELIERS DE CONSTRUCTIONS

Au Creusot

(SAONE-ET-LOIRE)

Le Creusot, le 5 octobre 1880.

Monsieur le Directeur de la Société  
Générale d'Electricité.

Paris.

En réponse à votre demande, nous vous informons que les  
appareils pour éclairage électrique, que vous nous avez livrés en  
exécution de nos commandes des 8 mai et 19 juin derniers,  
fonctionnent déjà depuis un certain temps, et que les résultats  
obtenus nous donnent toute satisfaction.



Ces appareils sont placés :  
1<sup>o</sup> Au Creusot, pour l'éclairage de notre atelier de laminage des tôles.  
2<sup>o</sup> Anos houillères de La Machine, près Decize, pour l'éclairage de nos installations de criblage et de triage, au puits des Fagots.  
Recevez, Monsieur, nos salutations empressées.

Signé : SCHNEIDER et Cie.

Le Creusot, le 12 Octobre 1880.

MONSIEUR LE DIRECTEUR,

Nous avons reçu votre lettre du 8 courant. En réponse, nous avons le plaisir de vous informer que les appareils que vous nous avez livrés pour l'éclairage électrique de notre chantier de Châlon-sur-Saône, nous donnent satisfaction. Comme au Creusot et à Decize, notre installation répond parfaitement au but que nous nous étions proposé.

Recevez, Monsieur, nos salutations empressées.

Signé : SCHNEIDER et Cie.

SKATING-THEATRE

Rue Blanche

PARIS

DIRECTION

Paris, le 10 octobre 1880.

Monsieur l'Administrateur de la  
*Société Générale d'Electricité.*

MONSIEUR,

J'ai l'honneur de vous accuser réception de votre honorée du 9 octobre.

Je profite de cette occasion pour vous remercier de la célérité avec laquelle vous avez fait agencer votre éclairage. Le succès a été *très grand*, hier, et tout a marché au mieux de nos désirs.

Je ne saurais trop vous dire combien j'ai été satisfait de mes rapports avec votre ingénieur, M. Gadot, qui a mené vos travaux avec une intelligence et une habileté dont je me plais à vous entretenir et dont je le remercie tout particulièrement.

Vos autres employés ont tous également contribué à la réussite que je viens constater aujourd'hui, avec le plus grand plaisir.

Veillez agréer, Monsieur, l'assurance de mes sentiments les plus distingués.

Signé : J.-B. ARBAN.

### CERTIFICAT

La Société Générale d'Electricité s'est chargée d'éclairer, au moyen de 10 becs, la grande salle des Etats du château de Blois, où avait lieu le banquet à l'occasion de l'inauguration de la statue de Denis Papin, le 29 août 1880.

Cet éclairage a parfaitement réussi et a donné d'excellents résultats sous tous les rapports.

Certifié exact : Blois, le 1<sup>er</sup> novembre 1880.

L'Ingénieur, Président de la commission des fêtes,

Vu et approuvé : Signé : H. HEUDE.

Le Maire de la ville de Blois, Chevalier de la Légion d'Honneur,

Signé : (l'ADJOINT).

L. CORPET

119, Avenue Philippe-Auguste, 119

(Ancienne Maison A. ANJUBAULT)

LOCOMOTIVES & MATÉRIEL DE CHEMINS DE FER

Paris, le 7 novembre 1880.

Monsieur VIVAREZ, Secrétaire de la *Société Générale d'Electricité*, 61, avenue de Villiers.

Excusez-moi, je vous prie, de ne vous avoir pas encore écrit comme je vous l'avais promis, relativement à l'éclairage électrique de mon atelier.

L'essai que je fis de l'éclairage électrique au moyen des bougies Jablochkoff, dans mon atelier de chaudronnerie, pendant l'hiver 1878-1879, me donna une telle satisfaction, que je résolus, vous le savez, d'essayer ce mode d'éclairage en 1879-1880 pour mon atelier de construction.

Les tâtonnements inhérents à un premier essai ne m'avaient pas permis de me rendre un compte exact de la dépense ou mieux du prix de revient de ce système d'éclairage, mais même en admettant que l'économie brute fût du côté de l'éclairage au gaz, je trouvais un avantage tel à *y voir avec la lumière électrique au lieu de n'y voir pas avec le gaz*, que je n'hésitai pas à faire ce nouvel essai. J'avais à craindre que la lumière générale ainsi obtenue ne fût pas suffisante pour permettre aux ajusteurs et aux tourneurs ou en général aux ouvriers travaillant aux machines-outils, d'y voir assez sans le secours d'un bec de gaz ou d'une lampe à essence, c'est pour cela que je fus dès le principe d'avis d'installer un grand nombre de lampes (16) afin de ne pas être exposé à rejeter comme mauvais un système qu'une économie mal entendue aurait seule empêché de donner de bons résultats.

Après une quinzaine de jours passés en tâtonnements afin de déterminer la vraie place à donner à chaque foyer, je suis arrivé à un résultat très satisfaisant. Plus de becs de gaz, plus de lampes auxiliaires aux étaux ni aux outils, (si ce n'est pour des alésages, mais pour ce travail la lampe est même indispensable en plein jour). L'éclairage général est parfait et l'éclairage local, pour chaque ouvrier, est très suffisant. En somme, du 25 Novembre 1879 au 14 Avril 1880, je n'ai pas eu un seul jour d'arrêt ; jamais d'extinction instantanée.

Pendant cette période j'ai relevé exactement le nombre de bougies consommées et en les rapportant à la quantité d'heures de travail, je trouve une moyenne de 0,52 centièmes de bougie consommée par heure, autrement dit : une bougie a duré en moyenne 115 minutes, soit 1 heure 55 et en admettant le prix de 0 fr. 35 par bougie, et une consommation de charbon de 3 kilos par bougie et par heure pour le moteur, en tenant compte en outre de la consommation d'huile et de chiffons, j'arrive à un coût de 0 fr. 26 par bougie et par heure. En comparant mes dépenses d'éclairage de l'an dernier avec celles des années précédentes, je trouve, pour un nombre égal d'heures, une économie de 12 fr. 50 pendant le mois de Janvier, c'est-à-dire pendant le mois où l'éclairage dure le plus longtemps, et cette économie est en faveur de l'éclairage électrique.

Or, si l'économie brute est en faveur de l'éclairage électrique, combien l'économie nette, si je puis prendre cette expression, sera-t-elle plus grande encore quand on voudra la ramener à l'unité de lumière.

Il ne m'est pas permis de chiffrer cette économie n'ayant pas eu le loisir de comparer les quantités de lumière produites par le gaz avec celles fournies par les bougies Jablochkoff, mais ce qui est certain c'est que, avec l'éclairage tel qu'il est établi dans mon



atelier, on n'y voit pas à terre dans l'espace réservé au montage, tandis qu'avec la lumière électrique l'on y voit parfaitement, et on n'a pas à craindre de se buter contre tel ou tel obstacle comme il s'en trouve toujours dans les ateliers de montage.

Depuis le 5 Octobre de cette année, j'ai recommencé à éclairer mon atelier, et la moyenne de consommation du mois d'Octobre a été absolument la même que pour l'année dernière.

L'on objectera que le prix de l'installation des machines et foyers électriques est plus élevé que celui d'une installation ordinaire au gaz, et que par suite on devra ajouter au chiffre que j'ai donné ci-dessus une somme relative à l'amortissement. Mais il est aisé de répondre que si ce prix d'installation est en effet plus fort pour l'éclairage électrique, d'un autre côté les frais d'entretien sont pour ainsi dire *nuls* (tout au plus des balais de contact à changer), tandis que tout le monde connaît les mémoires annuels pour la visite des conduites et appareils à gaz, et leur réparation ainsi que leur entretien. Visiter un bec de gaz et constater qu'il est en bon état, cela se chiffre sur un mémoire, même après rabais du règlement par l'architecte.

Enfin, une économie qu'il ne faut pas négliger c'est celle de l'assurance, car les compagnies d'assurances contre l'incendie ne se reconnaissent pas comme responsables des incendies causés par l'explosion du gaz si l'assuré sinistré n'a pas eu soin de faire ajouter à sa police quelques centimes pour ce genre de risque. Or ces quelques centimes finissent par faire des centaines de francs.

Excusez cette longue lettre, mais je vous ai tant de fois dit combien j'étais satisfait de mon éclairage électrique que je n'ai pas voulu me borner à un satisfecit banal.

Agréez, je vous prie, l'expression de mes meilleurs sentiments.

Signé : L. CORPET.

BRASSERIE ET MALTERIE DES CAVES DU ROI  
SÈVRES

A la Société Générale d'Electricité (Procédés Jablochkoff).

Sèvres, 10 décembre 1880.

Le soussigné est enchanté de pouvoir se louer de la conduite et du travail de votre monteur qui a fait tout son possible pour réussir l'éclairage électrique dont nous sommes très satisfaits.

Le Chef de l'Exploitation,

Signé : F. FANTA.

Paris, le 18 décembre 1880.

121, RUE DE LAFAYETTE

Ancienne Maison THIRY J<sup>ne</sup> — G. SOHIER & C<sup>ie</sup>, Successeurs

Je, soussigné, certifie que le monteur de la Société Générale d'Electricité s'est bien conduit dans le travail pour l'essai de la lumière électrique et qu'il a dressé un de nos ouvriers pour diriger cet éclairage, et que l'éclairage va très bien, et que dans l'atelier même où nous avons le plus de doutes sur ce mode d'éclairage, il a parfaitement réussi.

Pour MM. G. SOHIER et C<sup>ie</sup> :

Le Chef d'Ateliers,

Signé : E. DEPREZ.

CARROSSERIE INDUSTRIELLE

Ad. SAMUEL & C<sup>ie</sup>

228, FAUBOURG SAINT-MARTIN, 228

Paris, le 21 décembre 1880.

Monsieur PARENT, Ingénieur en chef de la Société Générale d'Electricité (procédés Jablochkoff), 64, avenue de Villiers.  
PARIS.

Comme suite à votre demande, nous avons l'honneur de vous informer que depuis l'installation définitive de l'éclairage électrique à nos ateliers de construction, 74, rue Claude-Decaen, nous nous en servons tous les soirs; jusqu'à ce jour nous en sommes entièrement satisfaits.

Veillez agréer, Monsieur, nos salutations empressées.

Signé : Ad. SAMUEL et C<sup>ie</sup>.

Grignon, le 26 mai 1881.

MINISTÈRE  
de l'Agriculture et du Commerce

ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE

de

GRIGNON

PAR NEAUPHLE-LE-CHATEAU

(Seine-et-Oise.)

MONSIEUR L'INGÉNIEUR EN CHEF,

J'ai l'honneur de vous informer que l'éclairage électrique expérimenté à l'occasion du banquet du Comice d'Encouragement de Seine-et-Oise, a eu un plein succès.

Je suis heureux de vous le dire et d'adresser toutes mes félicitations à M. l'Ingénieur Douai qui a très bien organisé cette partie de la fête.

Agréez, Monsieur l'Ingénieur en chef, etc., etc...

Le Directeur,

Signé : F. DUTERTRE.

William WHITELEY Bayswater, le 30 Juillet 1881.

WETSBORNE GROVE

Cher Monsieur GAUDET,

J'ai plaisir à vous certifier les avantages résultant pour moi de l'emploi de la lumière Jablochkoff. Depuis près d'un an, j'en fais un usage constant dans mes bureaux d'expéditions situés en sous-sol au-dessous de mes magasins; grâce à elle, on arrive à assortir admirablement les nuances, ce qui était de toute impossibilité à la lueur du gaz; d'autre part, dans ce local, l'atmosphère demeure toujours pure et fraîche, avantage inappréciable pour les employés qui ont à y travailler, surtout pendant les chaleurs que nous venons de traverser. Enfin la lumière fatigue sensiblement moins la vue que celle du gaz.

En somme, j'ai toutes les raisons possibles d'être satisfait de mes expériences avec la bougie Jablochkoff, et en recommanderai certainement l'usage pour l'éclairage de grands espaces découverts, et de locaux situés en sous-sol, c'est-à-dire dans les deux seuls cas où je l'ai employée jusqu'à ce jour.

Veillez agréer, cher Monsieur, etc.

WILLIAM WHITELEY.



Tottenham Court Road,  
London, Aug. 20 1881.

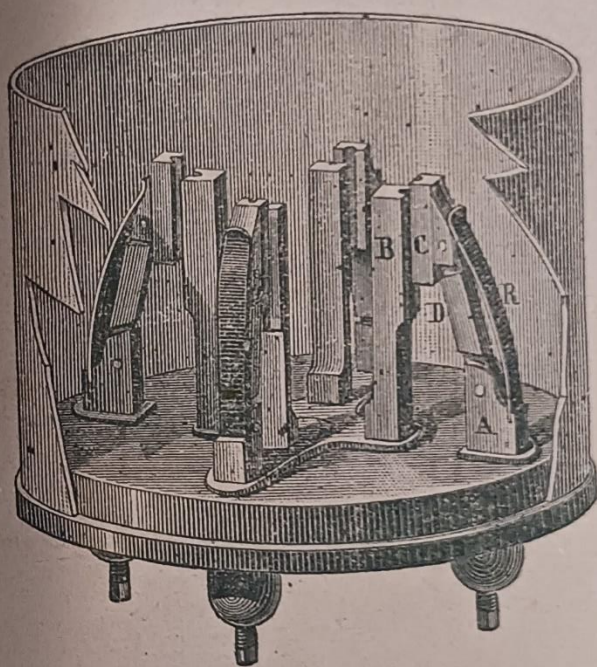
CHER MONSIEUR,

Après une épreuve de trois années d'éclairage électrique, par les procédés Jablochkoff, nous trouvons un grand plaisir à vous exprimer toute notre satisfaction pour la marche de cet éclairage. Les localités intérieures de notre magasin ont toujours été très convenablement éclairées, sans aucunement échauffer ou vicier l'atmosphère. Nous ajouterons, qu'aujourd'hui, que vous avez diminué sensiblement le prix de la bougie, notre éclairage est bien plus économique comparé à celui par le gaz. Peu ou jamais, nous n'avons éprouvé de difficultés dans le fonctionnement de nos appareils, parce que nous avons toujours, à notre disposition, la vapeur nécessaire. Pendant l'hiver nous avons éclairé avec 40 foyers, de trois heures à sept heures du soir, et 15 foyers brûlaient continuellement dans les sous-sols. Les machines et les lampes paraissent en aussi bon état que lorsqu'on nous les a fournis. Nous n'hésitons donc pas à recommander l'éclairage par la bougie Jablochkoff aux établissements semblables aux nôtres.

Votre dévoué,

SCHOOLBRED & C<sup>ie</sup>.





Lille, imp. Lefebvre-Dueroq, rue Esquermoise, 57.

















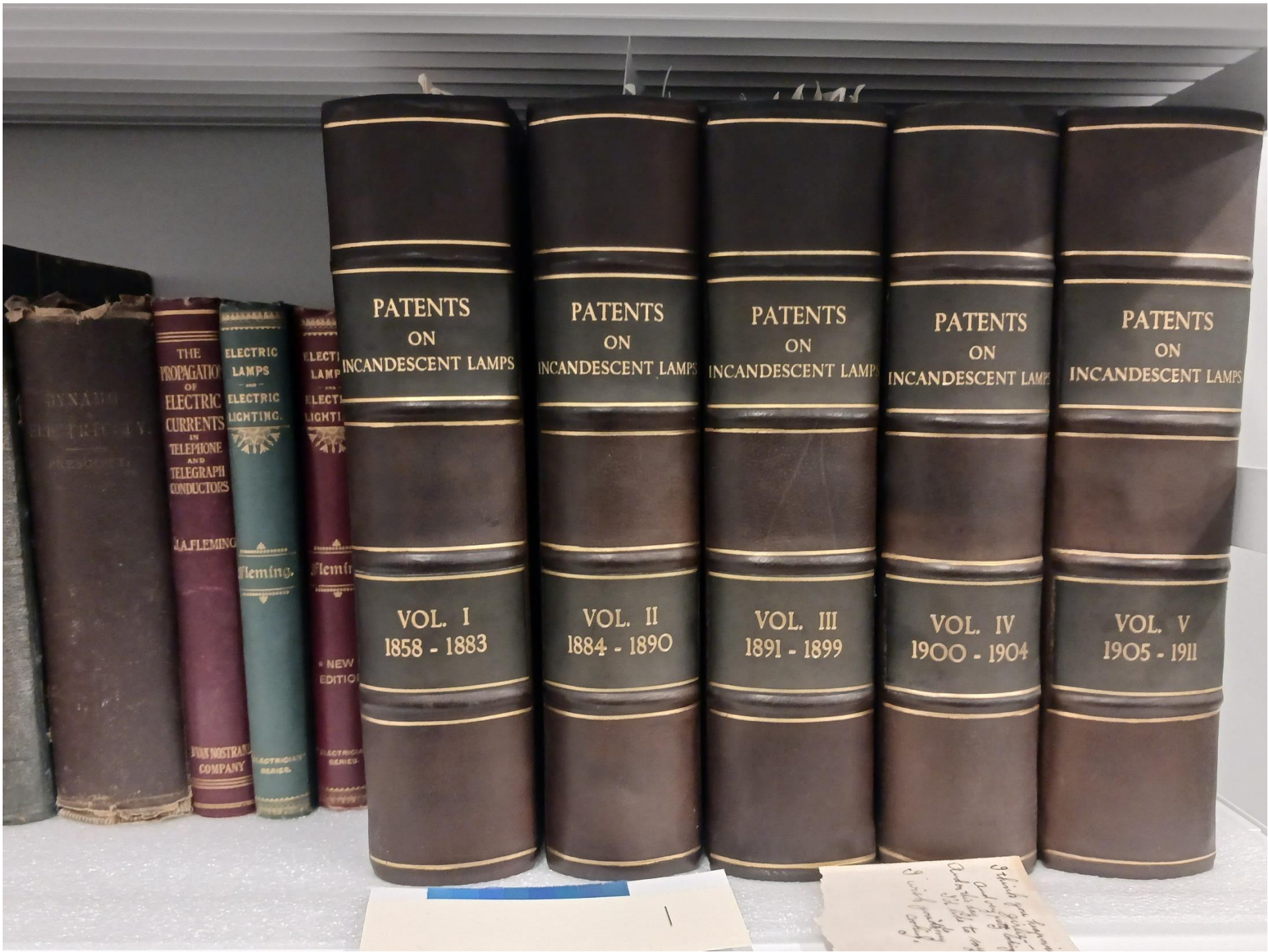






































*Foucault-Duboscq  
Arc Lamp.*

We have already mentioned that the latest form of this lamp as improved by Duboscq, and applied by him to demonstrations in Physics, but not for lighting purposes.

In the improved form, shown in Fig. 37, an arrangement is introduced for the automatic relighting of the arc in case of extinction. In the clocktrain are two barrels L and L' and two systems of wheels ending in the two fly wheels o and o'. Wheel s checks the one system of wheels as soon as it releases the other. Between the two fly wheels o o' is a detent t which is

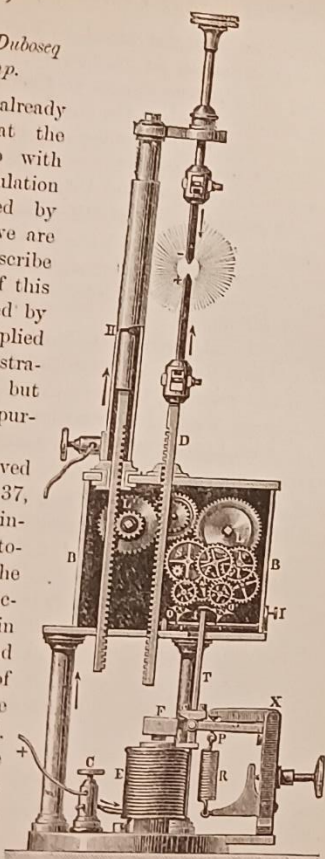
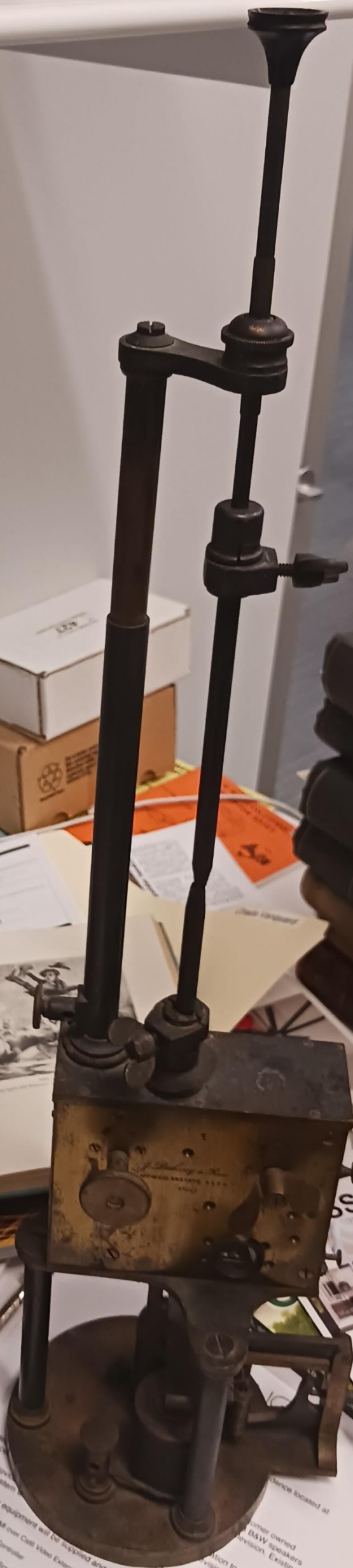


FIG. 37.—FOUCAULT-DUBOSQ'S LAMP.

N





# ELECTRIC LIGHTING.

( 165 )

## 1. Foucault-Duboscq Arc Lamp.

We have already mentioned that the first arc lamp with automatic regulation was constructed by Foucault, and we are now going to describe the latest form of this lamp as improved by Duboscq, and applied by him to demonstrations in Physics, but not for lighting purposes.

In the improved form, shown in Fig. 37, an arrangement is introduced for the automatic relighting of the arc in case of extinction. In the clocktrain are two barrels L and L' and two systems of wheels ending in the two fly wheels *o* and *o*<sup>1</sup>. Wheel *s* checks the one system of wheels as soon as it releases the other. Between the two fly wheels *o* *o*<sup>1</sup> is a detent *t* which is

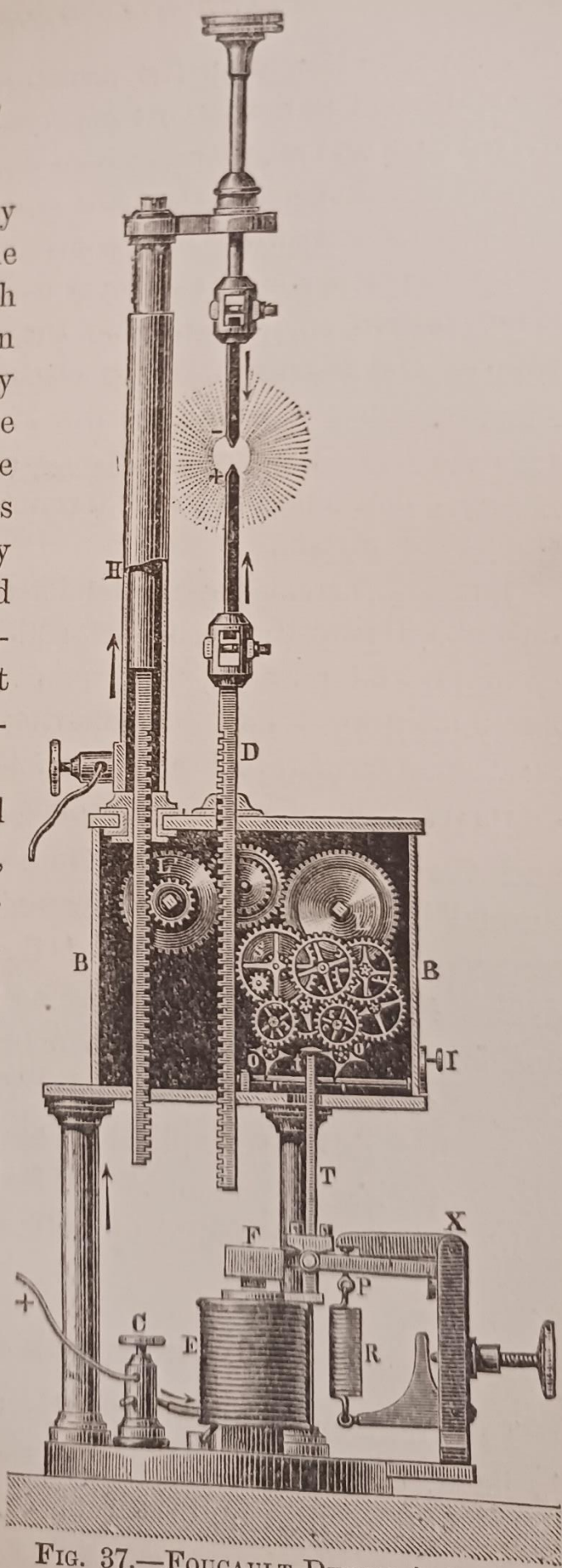


FIG. 37.—FOUCAULT-DUBOSCQ'S LAMP.

N



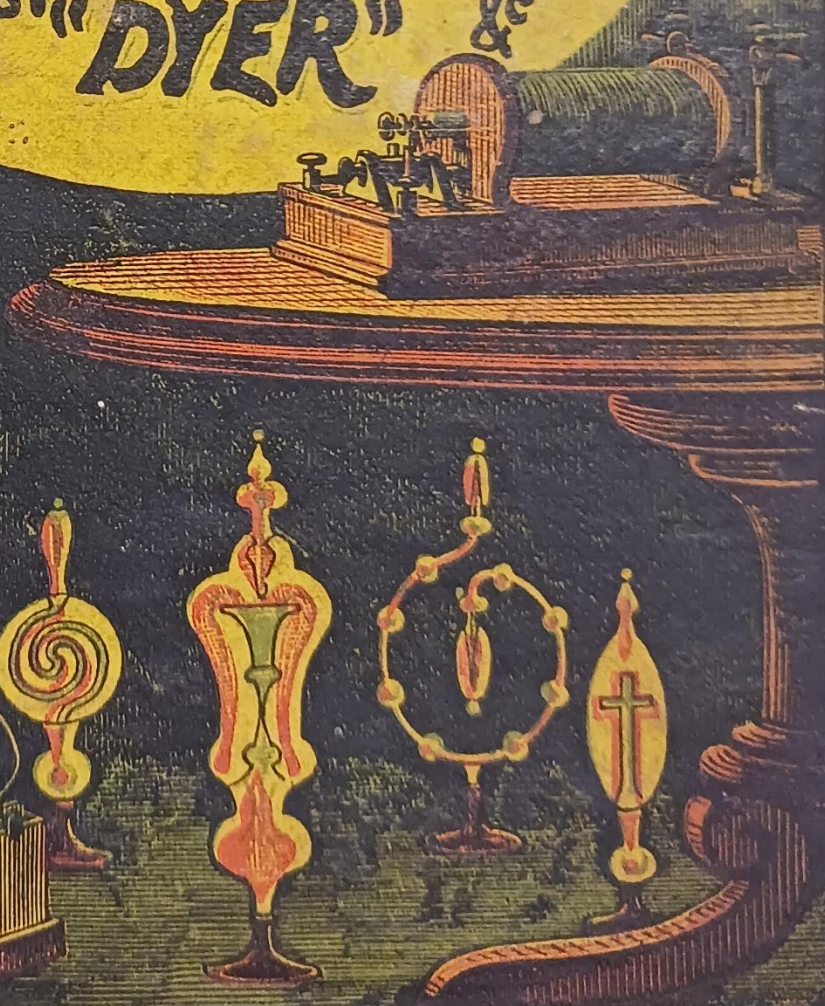
TWELFTH EDITION.

ONE SHILLING.

# INTENSIFY COILS

NOW MADE & NOW USED

ALSO ELECTRIC LIGHT  
TELEPHONE  
PHONOGRAPH  
BY "DYER" & C<sup>o</sup>



SOLD BY ALL OPTICIANS.

1883.



(No Model.)

G. A. FREI.  
INCANDESCENT LAMP.

No. 497,956.

Patented May 23, 1893.

Fig. 1.

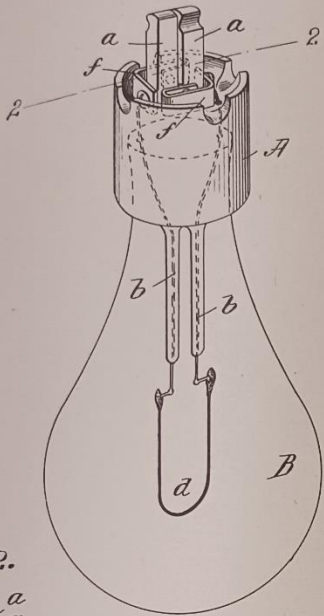


Fig. 2.

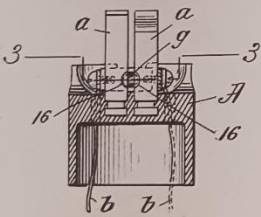


Fig. 3.

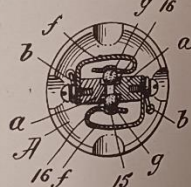
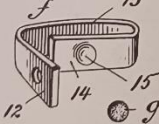


Fig. 4.



Witnesses:

J. H. Garfield  
H. J. Clemens

Inventor:

Gustav A. Frei  
By Chapin & Co.

# UNITED STATES PATENT OFFICE.

GUSTAV A. FREI, OF SPRINGFIELD, MASSACHUSETTS.  
INCANDESCENT LAMP.

SPECIFICATION forming part of Letters Patent No. 497,956, dated May 23, 1893.  
Application filed December 19, 1892. Serial No. 455,616. (No model.)

To all whom it may concern:  
Be it known that I, GUSTAV A. FREI, a citizen of the United States, residing at Springfield, in the county of Hampden and State of Massachusetts, have invented new and useful improvements in Electric Incandescent Lamps, of which the following is a specification.

This invention relates to automatic circuit closing devices for electric incandescent lamps.  
In the use of incandescent lamps on high resistance circuits, or where lamps of low resistance are connected in series on constant-current circuits, it is found desirable to provide devices which will prevent the opening of a circuit when the carbon filament of a lamp burns through or becomes otherwise destroyed; and the object of this invention is to provide a device for the above indicated purpose which will be cheap, reliable, easy of application, and which will be so incorporated in the lamp that whenever the burned-out lamp is replaced it will not be necessary to specially manipulate switches or cut-out devices.

To these ends the invention consists in an electric incandescent lamp which has contact-pieces, for receiving the connection therewith of the electric conductors, and which contact-pieces also have connections with the carbon filament, and a spring which is adapted to have electrical connection with both of said contact-pieces, and a substance, of high resistance which is easily fusible under heat, supported relative to the spring to hold it normally out from its position as a direct connection between both of said contact-pieces, but on fusing to permit said spring to constitute the direct connection.

The invention also consists in certain preferred details of construction; and all substantially as will hereinafter fully appear and be set forth in the claims.

In the accompanying drawings a lamp embodying the present invention is illustrated.

Figure 1 is a perspective view of the improved lamp, the same being understood as removed from the socket,—no illustration of the socket being deemed necessary. Fig. 2 is a vertical, sectional view of the parts of the lamp at the upper portion thereof and com-

prising the cap, and the present novelties. Fig. 3 is a partial plan and partial horizontal sectional view taken on the line 3—3, Fig. 2. Fig. 4 is a perspective view on a larger scale of one of the springs and a piece, which is of high resistance and easily fusible, that is employed in the improved lamp in connection with the spring.

In the drawings A represents the cap of the electric incandescent lamp which may be constructed in any of the usual forms and of any of the suitable materials, as hard rubber, vulcanized fiber, or other non-conducting material, the same having the bulb, B, sealed thereto; and the cap is provided with two posts or contact-pieces, a, a, sometimes termed the terminals of the lamp. These contact-pieces are to be of the usual, or otherwise suitable, form and they are set in the cap in insulation, one from the other, and, as well known, these parts are for receiving the connection therewith of the electrical conductors which respectively convey the current into and away from the lamp.

b, b, indicate the leading-in wires to each of which one end of the filament is suitably joined.

f represents the spring (duplicated) and g represents the substance which is of a high resistance and easily fusible under heat (also shown duplicated). Each spring is adapted to have, by reason of its resiliency, an electrical connection with both of the contact-pieces, a, a, but the aforementioned easily fusible substance of high resistance is so applied relative to the spring and contact-pieces as to place the one practically out of electrical connection with the other, except the connection constituted, as ordinary, by the leading-in wires and filament. Now, of course, when the filament becomes burned out, or otherwise destroyed, the current brought to one contact, a, can only pass to and through the other by way of the interposed easily fusible high resistance substance and spring, and the current being thus directed causes the fusing of the said substance permitting the spring to form a short circuiting connection between both of the contacts, all of which, of course, ensues automatically. And now noting the special preferred form, construction, and arrangement of the parts, each

(No Model.)

G. A. FREI.  
INCANDESCENT ELECTRIC LAMP.

No. 497,957.

Patented May 23, 1893.

Fig. 1.

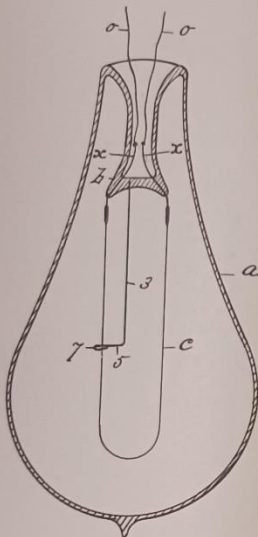


Fig. 3.

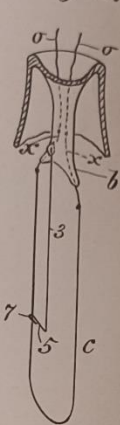
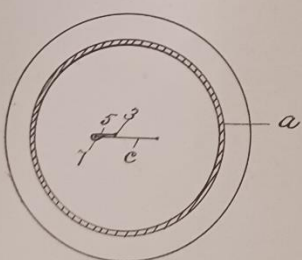


Fig. 2.



Witnesses:

J. H. Garfield  
H. J. Clemens

Inventor:

Gustav A. Frei  
By Chapin & Co.

# UNITED STATES PATENT OFFICE.

GUSTAV A. FREI, OF SPRINGFIELD, MASSACHUSETTS.  
INCANDESCENT ELECTRIC LAMP.

SPECIFICATION forming part of Letters Patent No. 497,957, dated May 23, 1893.  
Application filed February 7, 1893. Serial No. 461,309. (No model.)

To all whom it may concern:  
Be it known that I, GUSTAV A. FREI, a citizen of the United States, residing at Springfield, in the county of Hampden and State of Massachusetts, have invented new and useful improvements in Incandescent Electric Lamps, of which the following is a specification.

This invention relates to incandescent electric lamps, the object being to provide an improved filament support for such lamps, all as hereinafter fully described.

In the drawings forming part of this specification, Figure 1 is a vertical section of an incandescent electric lamp having a filament support or anchor applied thereto constructed and arranged in relation to the filament and the mount of the lamp, according to my invention. Fig. 2 is a transverse sectional view of the lamp showing the lower end of the filament, and the arm of the anchor in engagement therewith. Fig. 3 is a perspective view of a section of the lamp-bulb, the filament and the mount, and the filament-anchor attached to the latter.

In the drawings, a indicates the bulb of the lamp, b the mount, and c, the filament thereof. The above referred to main parts of the lamp are constructed in the usual manner, the conducting wires, o, o, entering the mount, as shown, and having united thereto the usual platinum leading-in wires, x, x, passing through the lower end of the mount and having said filament attached to said wires, x, in the usual manner.

Incandescent lamps, used in street cars or other places where they are subjected to vibration, are usually made with supported filaments. The supports or anchors are usually fastened to the walls of the bulb, either directly opposite the bend of the filament or at an angle of forty-five degrees thereto. But in most cases this support or anchor prevents the filament from expanding when brought to an incandescent state by the electric current and prevents, more or less, its free contraction when the filament is cooling off. Such is the case, especially if the loop of an anchor surrounds the base of the U of the filament, said anchor being suitably supported in that position, for the anchor thus attached to the filament prevents the above mentioned

free expansion and contraction thereof. All lamps containing such filament anchors are useless, after the filament is burned out, as it is impossible to renew the filament when it is anchored against the walls of the bulbs.

To obviate the above mentioned inconveniences, I construct the filament anchor, 3, of a piece of suitable wire, preferably of steel, one end of which I bend at right angles to the main portion of the wire, thus forming a filament supporting arm, 5, thereon, on the end of which is formed an open loop, 7. The said filament support or anchor, 3, is attached, by one end, to the mount, b, of the lamp by fusion, the support, when so attached extending, or hanging, in substantially the same direction as does the filament, or substantially parallel with the longitudinal portions of the latter. This manner of attaching the support, or anchor, 3, to the glass mount constitutes such a firm connection of the support to the mount that no ordinary movement or vibration of the lamp can displace it. It will be understood that the mount, b, the filament, c, and the said wires connected to the filament are constructed preparatory to uniting the mount to the neck of the bulb, in the usual manner, and that the support, or anchor, 3, is applied to the mount and to the filament before the mount and its connected parts are attached to the neck of the bulb, a. The length of the anchor, 3, is generally arranged in such a way that the loop, 7, thereon will be brought about midway between the ends of the filament, or, if preferred, slightly nearer the curved lower end of the latter than to its opposite end. Thus the said location of the supporting coil of the anchor about midway between the ends of the filament provides an improved support therefor. The manner of attaching one end of the anchor, 3, to the outer side of the mount, is clearly illustrated in Fig. 3.

In assembling the filament and the anchor on the mount preparatory to putting the latter into the bulb the anchor is first attached to the lower end of the mount, as described, and one arm of the filament is passed through the loop, 7, on the anchor and the ends of the filament are then cemented to the leading-in wires, x, x. Thus it will be seen that the sealing of the filament, including the support or

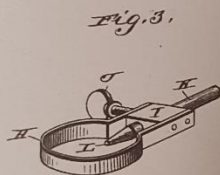
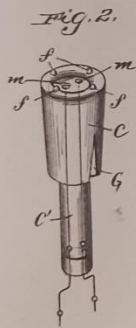
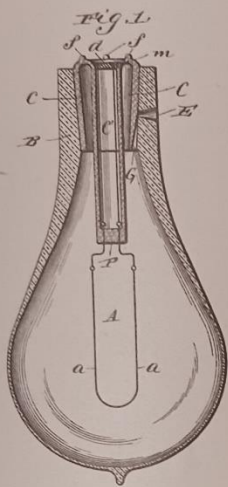


(No Model.)

H. GREEN.  
INCANDESCENT LAMP.

No. 495,467.

Patented Apr. 11, 1893.



Witnesses:  
James C. Gray.  
W. Russell Munson

Inventor:  
Henry Green

THE NORMAN PETERSON CO. PHOTOGRAPHERS, WASHINGTON, D. C.

UNITED STATES PATENT OFFICE.

HENRY GREEN, OF HARTFORD, CONNECTICUT, ASSIGNOR OF ONE-HALF TO  
GEO. S. MILLER, OF SAME PLACE.

INCANDESCENT LAMP.

SPECIFICATION forming part of Letters Patent No. 495,467, dated April 11, 1893.  
Application filed October 16, 1891. Serial No. 408,924. (No model.)

To all whom it may concern:

Be it known that I, HENRY GREEN, a citizen of the United States, and a resident of Hartford, in the county of Hartford and State of Connecticut, have invented certain new and useful Improvements in Incandescent Electric Lamps, of which the following is a specification.

This invention has relation to an improvement in incandescent electric lamps, and it has for its object to so construct a lamp that a vacuum may be formed in the "globe" repeatedly thereby rendering such a lamp inexpensive, inasmuch as the consumer might use the same globe or bulb indefinitely by having the vacuum recreated as it becomes lost by use.

A further object of the invention is to render the globe capable of being cleaned on the inside.

Another object of the invention is to supply a cheap and reliable method of forming the exterior terminals of the leading in wires, by means of attaching to a disk, formed partly of insulation, and partly of metal, at the head of the stopper.

Other objects and advantages will appear from the following description, and claims when taken in connection with the annexed drawings, in which:—

(Figure 1) is a side view of an incandescent lamp in section. (Fig. 2.) is a side view of the stopper. (Fig. 3.) is a perspective view of the wrench.

Referring to said drawings by letters, (A) indicates the globe which may be of any ordinary form, and (a, a.) the filament.

(B) indicates the neck which is made thicker at its top for the purpose of allowing sufficient space for the insertion of the point (L, Fig. 3).

(C) indicates the stopper which is also made of glass and ground in, having a longitudinal groove (G) on the lower part of its outer surface preferably brought to a needle point at its upper end, and which registers in and out with the funnel shaped aperture (E) for the purpose of opening and closing communication with the interior of the globe, a passage

being had between the contact surfaces of the stopper and globe.

f. f. f. Fig. 2. are four little balls or projections of glass set at right angles with each other to facilitate the use of a wrench or other similar device when turning the stopper in and out of registration with the aperture in the globe.

(H, Fig. 3.) indicates a band or clip designed to encircle the outer neck of the globe for the purpose of securing the point (L) in its position in the funnel shaped aperture (E) while exhausting the lamp.

(d) indicates a disk of insulating material which is secured at the head of the opening in the stopper (C) through which the wires pass and are secured at the outer side to two disks or plates of metal (m, m, Fig. 2.) and at which said wires terminate.

(I, Fig. 3.) is a block forming part of the clip (H) through which the tube (K) passes and is held firmly in the aperture (E) by the thumb screw (J).

I am aware that incandescent lamps with stoppers having perforations and air tubes therein as in Fox and Bohm's patent No. 75 248,156, of October 11, 1891, have heretofore been made. I am also aware that such lamps have been made with permanently attached exhaust tubes and that disks of insulation have been used, but I am not aware that a combination as described in the foregoing specification has been used. I do not therefore claim a stopper lamp broadly but only such stopper lamps which contain any or all of my improvements as herein specified.

Having thus described my invention, what I claim is:—

1. In an incandescent electric lamp, the combination with the bulb or vacuum chamber, formed with a heavy neck having a funnel shaped aperture (E) in its side, of a stopper with a longitudinal groove traversing the lower half of the exterior thereof, opening and closing a passage between the stopper and the neck, and the disk of insulation (d) with smaller disks of metal (m, m,) on its upper or outer surface at which point the extreme outer ends of the leading in wires terminate, and

(No Model.)

D. McF. MOORE.  
ELECTRIC LAMP VIBRATOR REGULATOR.

No. 494,531.

Patented Mar. 28, 1893.

Fig. 1.

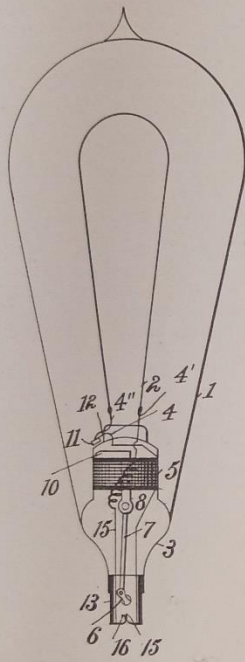
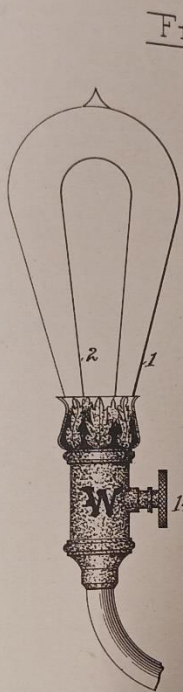


Fig. 2.



Witnesses  
Wm. A. Courtland  
Leocadia M. Lemmon

Inventor  
Daniel McFarlan Moore  
By his Attorney  
Edward P. Thompson

UNITED STATES PATENT OFFICE.

DANIEL MCFARLAN MOORE, OF NEW YORK, N. Y.

ELECTRIC-LAMP VIBRATOR-REGULATOR.

SPECIFICATION forming part of Letters Patent No. 494,531, dated March 28, 1893.  
Application filed November 23, 1892. Serial No. 452,980. (No model.)

To all whom it may concern:

Be it known that I, DANIEL MCFARLAN MOORE, a citizen of the United States of America, and a resident of New York, in the county and State of New York, have invented certain new and useful Improvements in Electric-Lamp Vibrator-Regulators, (Case No. 4.) of which the following is a specification.

In former applications, namely Serial No. 490,943, filed February 10, 1892; Serial No. 499,959, filed July 14, 1892; and Serial No. 451,357, filed November 8, 1892, I have shown and described devices for the regulation of the light of incandescent electric lamps on the principle of rapid and variable interruptions of the electric current, all interruptions being so rapid as not to be discernible to the eye.

My present invention relates to an improvement upon the said devices and especially upon that forming the subject matter of my last application above named.

The details of construction are shown in the accompanying drawings.

Figure 1 is an elevation partly in section of a device involving my complete idea. Fig. 2 is a vertical elevation of a lamp equipped with my invention in order to show how it may appear in public use and none of the mechanism show.

1 is the hermetically sealed or air tight bulb; 3 the hollow glass stem supporting the leading-in wires 4, 4'; 5 an electro magnet in the stem and movable up and down therein by means of a rotary crank 6 and connecting rod 7 pivoted to the crank and to the projection of the core 8, which also projects at the opposite end to form the pole piece 10; a vibratory armature 11 in the evacuated bulb 1; and within inductive distance to the magnet 5 and in electric contact with the conductor 4' which supports one limb of the filament 2, the armature itself being electrically connected to the leading-in wire 4, and elastically vibrato to and from the conductor 4' under the influence of the joint action of the magnet 5 and spring 12 and a ring 13 fitting in the stem 3 and forming a bearing for the

crank 6. A milled head or handle 14 is fastened to the crank and serves to turn the same when turned.

The points of contact are the armature (or conductor attached thereto) and the conductor 4'. These are located in side of the bulb 55 where the amount of air is so slight that the filament remains uninjured during the usually long life of the lamp. Therefore, the points of contact will remain bright and effective for the purpose intended. It is well known that sparking results in a loss of current, but inasmuch as the contacts are in such a high vacuum, the sparking will be nil, and therefore, this form of regulator will regulate the light without the use of resistance except that of the magnet 5 which is insignificant. The armature need be but the size of a pin head.

The contacts in the lamp may be of carbon, and then the circuit may be varied by the variation in pressure due to the action of the magnet. The current would be vibrated or undulated instead of interrupted.

By means of the circuits shown the current may be followed to the filament 2 through the conductor 4', to the conductor 4'', to the armature 11, which is shown as one of the contacts, 4'' being the other, through the conductor 4, through the magnet 5 and again out of the device. By turning the crank, so that the magnet 5 is at its lowest position the filament is in circuit and the light is at its maximum. When the magnet is moved, by the said mechanism, to the top of the stem, so that the distance between its pole piece and the armature 11 is a minimum, the said armature will be attracted toward the magnet 5 by the force of magnetism acting through the glass of the stem 3 and the current will be interrupted. The armature will therefore spring back and close the current again, the magnet will again attract it and so on, the magnet being rapidly interrupted. The magnitude of the periods of interruption will be at a maximum and the light will be at its minimum. Variations of light may be obtained by variations in the positions of the magnet 5 in the stem.

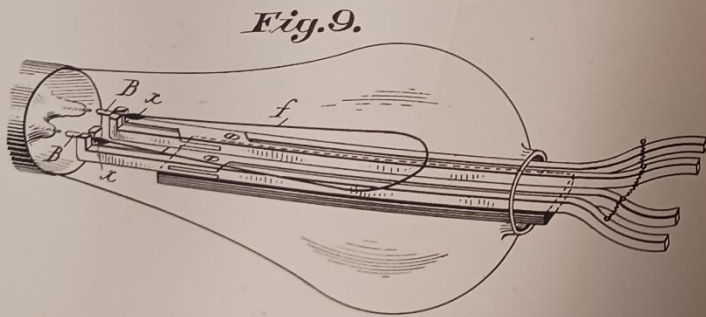
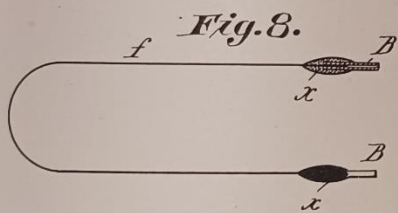
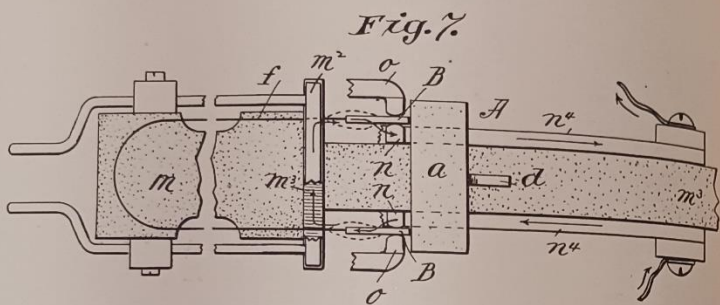


(No Model.)

G. A. FREI.  
MODE OF AND MEANS FOR RENEWING THE FILAMENTS OF ELECTRIC INCANDESCENT LAMPS.

No. 499,916.

2 Sheets—Sheet 2.  
Patented June 20, 1893.



Witnesses:

J. H. Garfield  
H. D. Clemens

Inventor,

Gustav A. Frei,  
per Chapin & Co., Attys.

# UNITED STATES PATENT OFFICE.

GUSTAV A. FREI, OF SPRINGFIELD, MASSACHUSETTS.

MODE OF AND MEANS FOR RENEWING THE FILAMENTS OF ELECTRIC INCANDESCENT LAMPS.

SPECIFICATION forming part of Letters Patent No. 499,916, dated June 20, 1893.  
Application filed November 14, 1892. Serial No. 451,925. (No model.)

To all whom it may concern:

Be it known that I, GUSTAV A. FREI, a citizen of the United States, residing at Springfield, in the county of Hampden and State of Massachusetts, have invented new and useful improvements in the Mode of and Means for Renewing the Filaments of Electric Incandescent Lamps, of which the following is a specification.

This invention relates to a new mode of, and improved means for, uniting filaments to the leading-in wires of electric incandescent lamps the same particularly appertaining to the renewal or replacement in the lamps of the filaments which have been burned out or destroyed.

The invention, so far as it resides in the method, consists in encircling the end portions of the filaments by the end portions of metallic joint tubes, uniting the joint by immersing the parts in a hydrocarbon, as naphtha, and passing an electric current through the tubes and proximate filament extremities, raising these parts to incandescence and taking thereupon a uniting hydrocarbon deposit, opening the bulb of the lamp, insuring the removal of the old filament from the leading-in wires, placing the other end portions of the joint tubes to surround the extremities of the leading-in wires, then pinching the tubes and finally exhausting the air and closing the bulb. The invention as concerned in and by the means will be hereinafter fully described and pointed out in the claims.

In the accompanying drawings the manner of and means for carrying out this invention are illustrated, in which—

Figure 1 is a perspective view of the device herein termed the temporary mount. Fig. 2 is a view of one of the joint tubes. Fig. 3 is a perspective view which illustrates the act of placing the joint-tubes in engagement upon the temporary mount, and Fig. 4 is a perspective view illustrating the next step, that is, the engagement of the filament with the mounted joint-tubes. Fig. 5 is in part a side, and in part a sectional, view of and through the temporary mount, the joint tubes and filament. Fig. 6 is a perspective view showing a modification in the form of the temporary mount. Fig. 7 is a plan view of the temporary mount, joint tubes and filament and the

short-circuiting clamp in combination with which said parts are temporarily placed. Fig. 8 is in part a side view and in part a sectional view showing the filament and tubes with the joint between them completed. Fig. 9 is a perspective view of the opened lamp and the filament and connected joint tubes shown as being connected with the leading-in wires.

The temporary mount, A, consists of a small piece or flat body, a, of non-conducting material, as vulcanized fiber, provided with two receivers for the joint tubes, B. The receivers may consist of pins, b, b, suitably connected with the body by being driven into it and projected from the edge thereof, as seen in Figs. 1, 3, 4 and 5,—with which pins the joint tubes may, by their end portions, have encircling engagements,—or the receiver may consist of the sockets, b', b', as seen in Fig. 6, into which the joint tubes, as to portions of their lengths only, may have temporary supporting engagements. The mount also has the handle-stem, d, projected from its edge opposite the receivers.

The metallic collars or tubes, B, B, are placed in engagement with the receivers of the temporary mount and the filaments f, then have their ends inserted in the open ends of the tubes; and in practice it is often desirable to wedge them in with short pieces of carbonized substance such as that of which the filaments are composed. The temporary mount with the supported joint tubes and filaments engaged therewith, as seen in Fig. 5, are now placed into a short circuiting device or clamp which is then immersed into a hydrocarbon and a current is run through the one tube or a portion thereof and through the proximate portion of the filament extremity, thence across to the other filament extremity and through the portion of the tube in engagement therewith, as indicated by the arrows in Fig. 7.

A clamp which is designed for advantageous use in carrying out this improvement is fully illustrated and described in an application for Letters Patent of the United States filed by me simultaneously herewith, Serial No. 451,924. This clamp comprises a rest or table, m, on which a filament may be supported with the tube-engaged ends thereof



Feb. 10, 1892.]

## THE ELECTRICAL ENGINEER.

139

sented, the Westinghouse Company has satisfactorily completed its reorganization and can, with adequate capital, keep the field against the Edison and Thomson-Houston Companies, combined, the element of strenuous competition in prices will be likely to continue to be an important factor in the situation for an indefinite period.

The proposed capitalization of the new company will doubtless be deemed excessive by conservative financiers. The combined earnings of the two companies, as per their last reports, would seem to justify the proposed capitalization; but investors appear to have a deeply rooted desire for dividends rather than for the accumulation of a surplus expended in the building up of a great corporation. It is understood that during the past year, the Edison General Co. earned net \$1,650,000 (it paid out about \$1,200,000 in dividends), while report has even placed the Thomson-Houston net earnings at about \$2,500,000, though it does not appear that anything like such a sum has yet been available for dividends.

We do not regard the projected combination as likely to be injurious to the many smaller companies and individuals engaged in electrical manufacturing or dealing. Competition in prices can hardly be more severe than at present, and should the new company, as seems not unlikely, seek to maintain and strengthen prices, rather than to reduce them further, that policy could not fail to result in benefit to well-established concerns which have meritorious products to offer to the public.

### THE PHILADELPHIA TELEPHONE EXCHANGE.

ONE after another, in close succession, the telephone exchanges in the large cities are being reconstructed to meet the requirements of larger and better service, and upon plans embracing both improved and new devices evolved from the experience of the past fifteen years. The introduction of the telephone to public service, like that of electric lighting, was so rapid and extensive that the accessories of an exchange, both as to housing and apparatus, were, perforce, extemporized for the most part as they best might be. Nowhere can the contrast between an early crude "central," with its maze of overhead wires, as well as its ponderous signaling and connecting machinery and a well-equipped exchange of the present day be better exemplified to an observer than in the new building apparatus and underground lines of the Bell Telephone Co. of Philadelphia, which we have the pleasure to describe in other columns of this issue. The complete system, planned by Dr. Samuel M. Plush, general manager of the company, and carried out under his supervision, includes interesting features of novelty in devices and arrangement. Especially noteworthy is the extreme condensation effected in the operating apparatus. Another impressive fact is the magnitude of investment in entire reconstruction. There are many features that have to be taken into account in a modern exchange of which little was thought in the earlier days. The underground system alone is a new element of enormous costliness, especially when taken in conjunction with the use of metallic circuits. Altogether we can but congratulate our telephonic friends in Philadelphia on the largeness and liberality with which they have laid their plans and carried them out.

### MR. TESLA BEFORE THE LONDON INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS—AND THE ROYAL INSTITUTION.

(Special Cablegram to THE ELECTRICAL ENGINEER.)

ON the evening of February 3, Mr. Nikola Tesla, by special invitation, delivered a lecture on the results of his latest investigations before the London Institution of Electrical Engineers.

After a short introductory as to the theory which led him up to his new line of work, involving the application of enormously high potentials and frequencies far exceeding those heretofore employed, Mr. Tesla began his experimental demonstrations with the exhibition of various forms of discharges. He showed first an induction coil operated by condenser discharge. With this coil he produced various remarkable discharge phenomena. Among others he imitated the spark of a Holtz machine and showed a brush discharge covering an area of something like 4 or 5 square feet, and also a luminous wire outlining the name of William Thomson. Mr. Tesla then took up some very novel and exceedingly interesting phenomena discovered by him some time ago consisting of a brush rotating in an exhausted globe. He showed that the brush was affected electrostatically, magnetically (even by the earth's magnetism), and that the study of these phenomena might lead to important discoveries as to the nature of electrostatic or electromagnetic fields.

Mr. Tesla showed how Crookes' well-known radiometer is set in motion at ordinary atmospheric pressures with alternating high potentials, thus affording another link in the chain of evidence which is gradually establishing the truth of modern views.

The subject of obtaining motive power was next taken up by Mr. Tesla, who exhibited a motor running on one wire and also without any connection with the generator, and the lecturer also dwelt on the possibility of running motors without wires.

Mr. Tesla next spoke of the construction of light-giving bulbs and the manner in which the dissipation of the energy supplied is prevented in the bulb by screening and allowing it to be dissipated only from the point at which it is wanted. In this connection he brought before his audience the results obtained with "carborundum," the new diamond-like substance recently produced by Mr. E. G. Acheson, of Monongahela, Pa.

Mr. Tesla then proceeded to show an interesting experiment which consisted in bringing a button to incandescence in a tube, holding the latter in the hand, and with another tube he repeated the experiment of Prof. Crookes by bringing a small platinum wire in the tube to incandescence and rotating a small fan.

Mr. Tesla also dwelt on phosphorescence and concluded his address with a demonstration of the luminous effects produced upon tubes in an electrostatic field.

On the following evening Mr. Tesla repeated his lecture before the Royal Institution by invitation.

Some idea of the interest aroused by Mr. Tesla's lecture may be formed from the fact that the London *Times* went to the unusual length of devoting a column editorial to it and publishing a very full report of it, with a description of his more striking demonstrations.



iddle point in  
and used as a  
namos, allows  
g, and the com-  
positive leg, and  
dependently of  
until midnight  
he "all-night"  
and thus two arc  
each other and

s put to good  
operating two  
p-town, the two  
which operates  
the down-town  
the two stations.  
rom the up-town  
business the writer

ued, was found flexible and economical, and if well man-  
aged is simple and safe.

### TESLA APPARATUS.

A TESLA experimental apparatus is being constructed for lecture purposes at the Finsbury Technical College, says the London *Electrical Engineer*. The students will be very much on the *qui vive* the first time Dr. Thompson ventures to take the million-volt shock into his body. Some one must evidently follow suit to Mr. Tesla, but we have heard the opinion expressed by several engineers that they would hardly like to build and test such an apparatus with a trust in its harmlessness merely from abstract or mathematical reasoning without trying it, say, on a calf first. Mr. Tesla has a splendidly-equipped laboratory in New York, and the experiments he showed at the Royal Institution are by no means all he had to produce, given more accurately determined conditions.

### LA ROCHE CALIBRATING DYNAMO.

One of the latest examples of Mr. La Roche's skill as a designer is the "Special" calibrating dynamo shown in the accompanying illustration. This machine has a range of E. M. F. of from  $\frac{1}{10}$  of one volt to 12,000 volts, and is used in the Queen & Co. laboratory for calibrating the delicate instruments manufactured by that firm.

Mr. La Roche has long been a contributor of new and useful ideas in the field of practical electricity, and his success is due to implicit belief in himself and untiring effort to make others to believe in him.

### MR. NIKOLA TESLA.

THE many friends of Mr. Tesla will be grieved to learn that he has just sustained a severe bereavement in the death of his mother, with the intention of seeing whom he made his recent trip to Europe. Owing to this loss, Mr. Tesla has been detained in Gospic, Lika, and he will not return to this country as soon as he intended when he left here. It is believed that he will return early next month.

### A WEDDING IN TELEGRAPHIC CIRCLES.

MISS ELIZABETH DEAN LOWERRE, daughter of Mr. Thomas H. Lowerre, Jr., was married last week at her father's home, 45 East Sixty-seventh street, to Mr. Charles Patterson Bruch, by the Rev. Dr. Ensign McChesney. Mr. Bruch was for many years the efficient secretary of the Telegraphers' Mutual Benefit Association. He then became connected with the old Empire City Electric Company, and also represented non-magnetic watch interests. For some time past he has been on the executive staff of the Postal Telegraph-Cable Company, with Mr. W. H. Baker. The bridesmaids



# THE Electrical Engineer.

VOL. XIII.

MARCH 9, 1892.

No. 201.

## THE TESLA MULTIPHASE CURRENT MOTORS. BY

*Albert Einstein*

**T**HE prominence which has been given to power transmission by multiphase currents in the experiments between Frankfort and Lauffen, seems to have led to the impression, even among those otherwise well informed, that this was the first example of this method of transmission. It may therefore be well to put on record the fact that in

The generators for these motors are of the Westinghouse multipolar type with toothed, drum armatures wound to give currents of sixty or ninety degrees difference of phase. These machines, one type of which is shown in Fig. 1, are built either entirely self-exciting and self-regulating or separately-exciting and self-regulating. The machine shown is designed for 60 kilowatt capacity.

The motors are constructed with internal poles and grooved armatures. The larger motors have armatures with three collecting rings, and the fields are excited with direct current. The smaller ones have armatures wound with coils closed upon themselves, doing away with all collecting rings and commutators. The engraving Fig. 2, shows a 10 h. p. Tesla motor and Fig. 3 exhibits the armature removed from the enclosing field magnets. These multiphase motors are built in sizes of from 1 to 1,000 h. p.

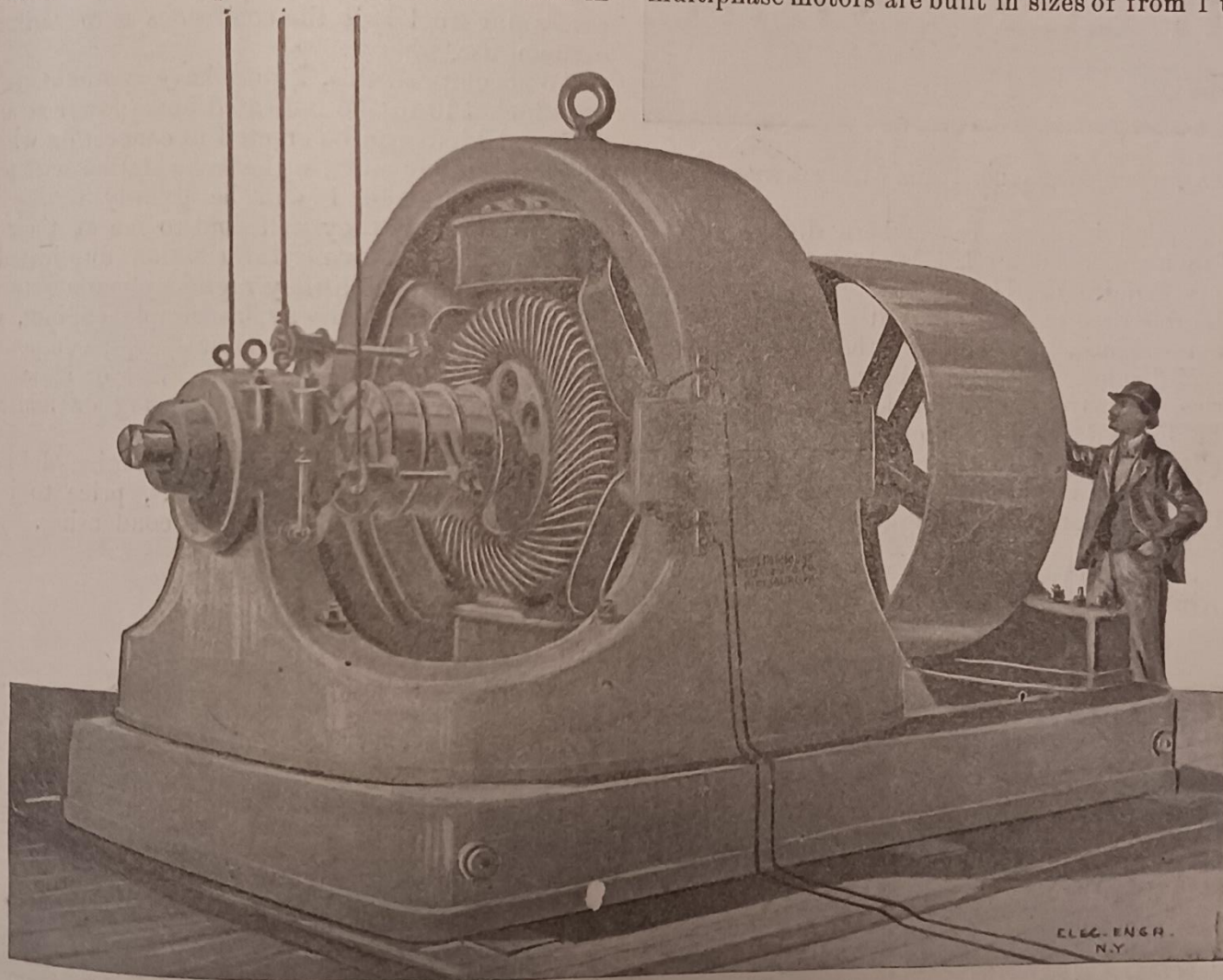


FIG. 4.—THREE-PHASE 1,000 H. P. TESLA ALTERNATING MOTOR.

this country multiphase motors manufactured by the Westinghouse Co. have been in successful commercial operation for several years, and a three-phase power plant has been in daily service in the shops of the Westinghouse Co. at Pittsburgh for some time past, driving the shafting and machinery of the winding department.

As is well known, Mr. Nikola Tesla is the inventor of the multiphase motor, and his patents in this country are controlled by the Westinghouse Electric & Manufacturing Company, who have been quietly standardizing the different sizes and have, within the last year or two, placed a large number of them in service.

A 1,000 h. p. three-phase generator or motor, for the same machine can be made either as a motor or generator, is shown in the engraving Fig. 4 and when run as a generator will give 150 amperes at 5,000 volts. In mechanical design this machine is similar to the multipolar direct current railway generators built by the Westinghouse Company. The armature is of the drum type with slots for the wire and is without bands.

With the Tesla multiphase system the power can be subdivided to any extent for motor or lighting purposes, and high pressures may be employed which can be reduced to whatever voltage is desired. The multiphase motors



start under load, and run at constant speed. The smaller ones are made entirely alternating, and the larger ones are self-exciting after reaching synchronism.

As the starting torque with the Tesla multiphase motors is comparable with shunt wound direct current machines,

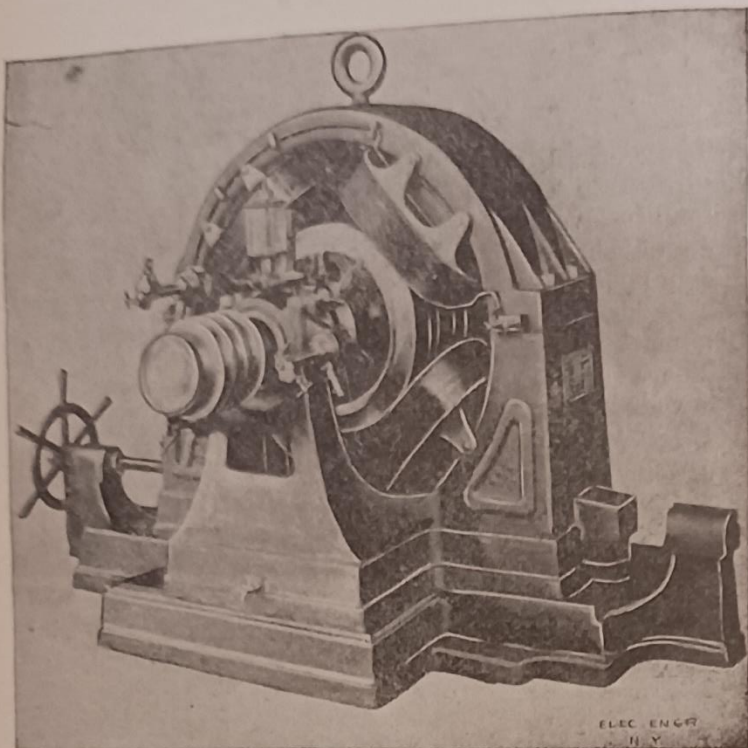
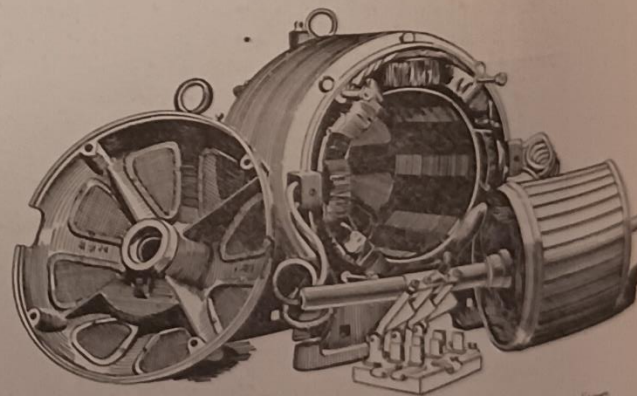
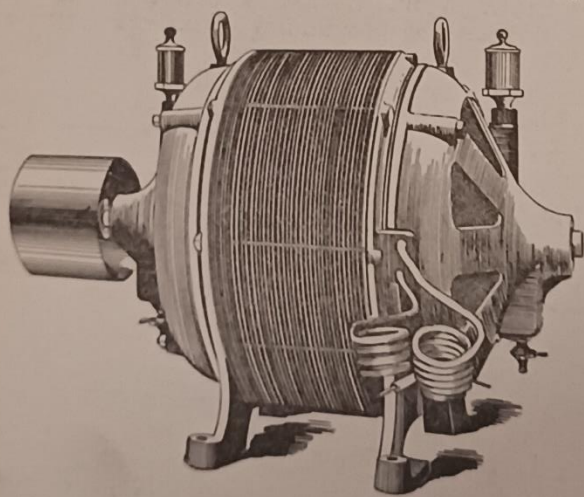


FIG. 1.—GENERATOR FOR OPERATING TESLA ALTERNATING MOTOR.

they may be applied in every case where direct current shunt wound motors can be used. At starting, the direct current motors require dead resistance in series, which means considerable loss, but the alternating current motor has inductive resistance, and therefore the loss at starting is much less. Multiphase motors can be used for operating mines, factories, and street railways, and the generating station may be located wherever most convenient for obtaining the best results, and if the pressure is not over 5,000 volts, the motors may be supplied direct from the mains. The Tesla motor has a great advantage over other types of



ELECTRICAL ENGINEER, N.Y.

FIGS. 2 AND 3.—10 H. P. TESLA ALTERNATING MOTOR.

motors in that it requires no commutator, and consequently is sparkless. The motor may be boxed up, and kept free from dust and grit, and high pressures can be employed successfully. No starting resistance is required and the motor is small and compact, and requires no attention. Tests made at the Westinghouse Co.'s works demonstrate that the Tesla motors are fully as efficient as the best direct current motors.

2. Probable cost of foundations under average conditions.
3. Probable cost of connections to boilers, condensers, pumps, etc., including felting, painting and completion ready for regular use under average conditions.
4. Probable cost of belting to jack shaft if engine be of slow speed.
5. Probable percentage of friction of engine.

THE COST OF STEAM POWER.

BY

*Charles E. Emery*

I HAVE had several requests, particularly from electrical people, to revise my paper on the "Cost of Steam Power," published in Vol. XII, *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, (November, 1893), to correspond to conditions as they exist at present. I have concluded to make a comparison of the relative cost of power in engines of different kinds, using a 500 h. p. unit in each case, reckoned as effective on a shaft running at 350 revolutions per minute, such, for instance, as the shaft of a high speed engine or the jack shaft of a low speed engine.

I would not propose to discuss at this time the difference in the cost of producing different quantities of power or to go into the capitalized value of steam power as in the former case, but simply compare the relative costs of the power when the interest on the cost of different types of steam machinery is balanced against the economical results due to such differences in type, considering also different prices for fuel and the conditions as to continuous or occasional use.

To accomplish this, I must have approximately the cost at which 540 to 550 indicated horse power steam plants of different kinds can be erected in connection with, say, two or more similar units in the same station with prices ruling as at present, and I will be greatly obliged to engine manufacturers if they will send to me at their early convenience the following information duplicated for each type of engine which they regularly manufacture, such, for instance, in a general way, as simple engines, condensing or non-condensing, fast or slow speed; compound engines, condensing or non-condensing, fast or slow speed; and triple compound engines, condensing or non-condensing, fast or slow speed.

1. Ruling price for 500 h. p. engine delivered at an average distance from the works, price to include condenser and air pump if engine is condensing.

[March 9, 1895]

March 9, 1895

6. Probable jack shaft.
7. Probable under average
8. Probable and all connect proposed.
9. Probable
10. Amount toward cost of
11. Probable should be allow the United Sta
12. Finally, you have as t premises of c States and its refer to above

MADDEN

WHILE in istry of the mechanical originally e ufacture of t the making been cast in of operation branch of st den undert for rolling



among this was the first example of this method of transmission. It may therefore be well to put on record the fact that in

ture removed from the enclosing field magnets. These multiphase motors are built in sizes of from 1 to 1,000 h. p.

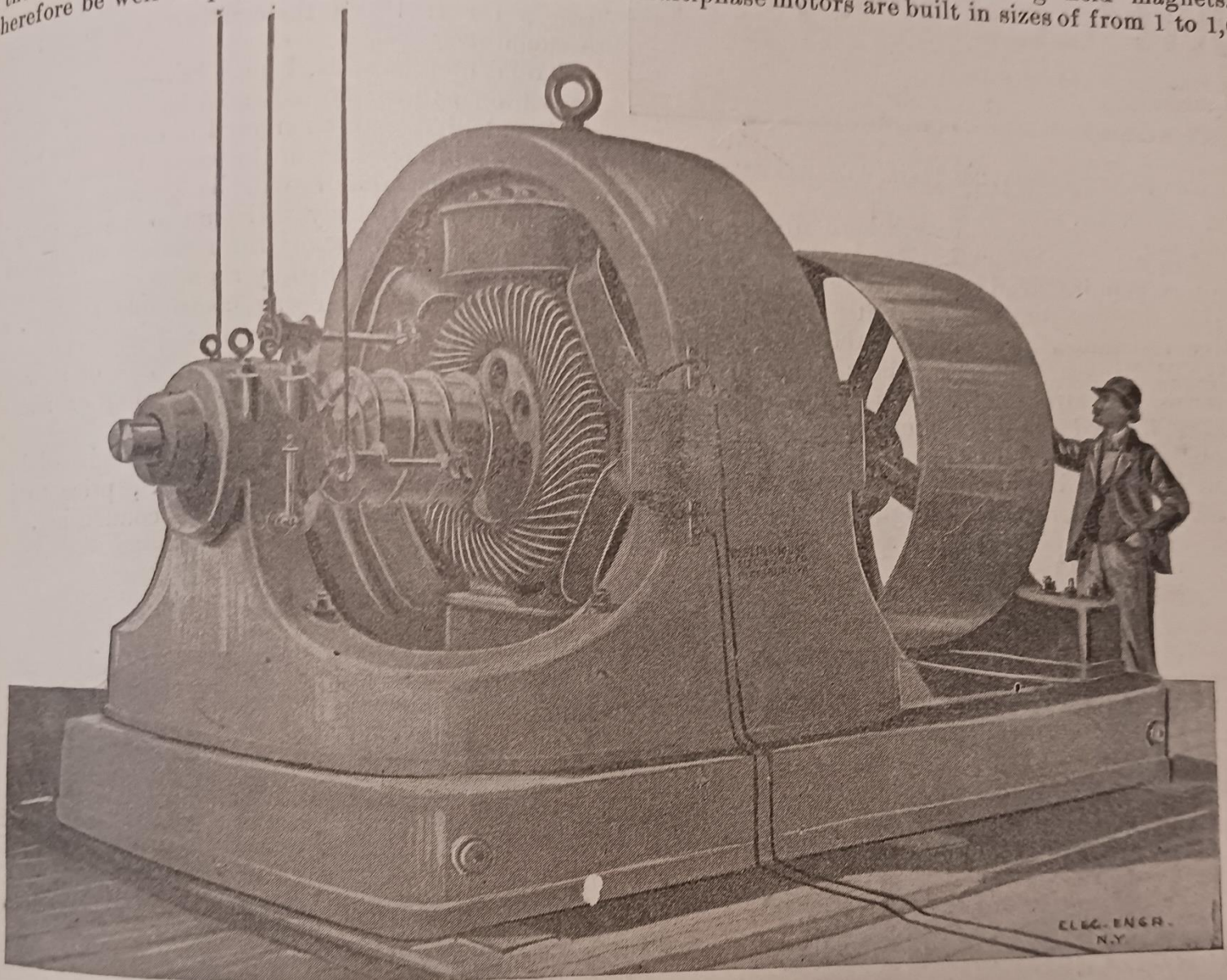


FIG. 4.—THREE-PHASE 1,000 H. P. TESLA ALTERNATING MOTOR.

this country multiphase motors manufactured by the Westinghouse Co. have been in successful commercial operation for

A 1,000 h. p. three-phase generator or motor, for the same machine can be made either as a motor or generator, as the starting torque with the Tesla multiphase motors is comparable with shunt wound direct current machines,

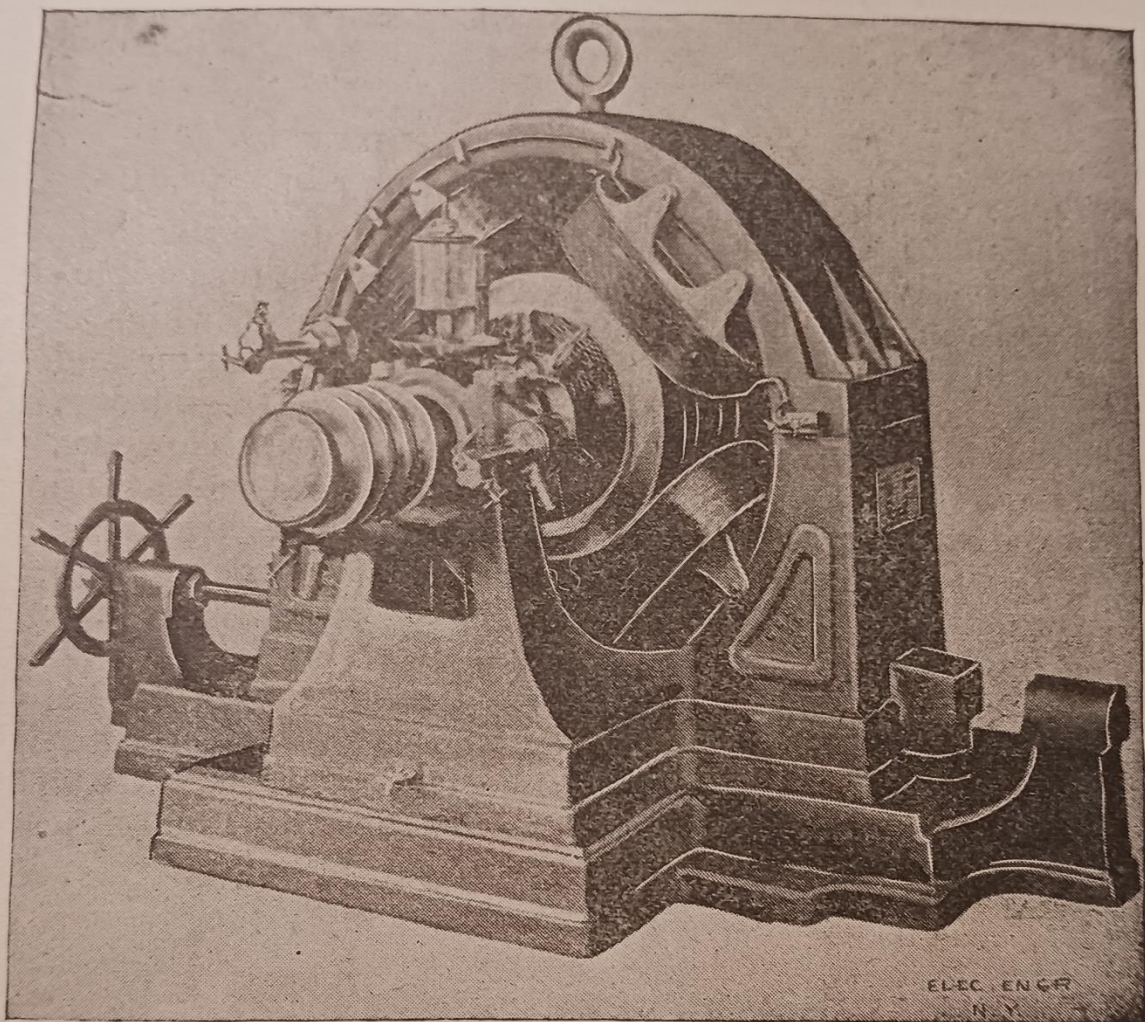


FIG. 1.—GENERATOR FOR OPERATING TESLA ALTERNATING MOTOR.

they may be applied in every case where direct current shunt wound motors can be used. At starting, the direct current motors require dead resistance in series, which means considerable loss, but the alternating current motor

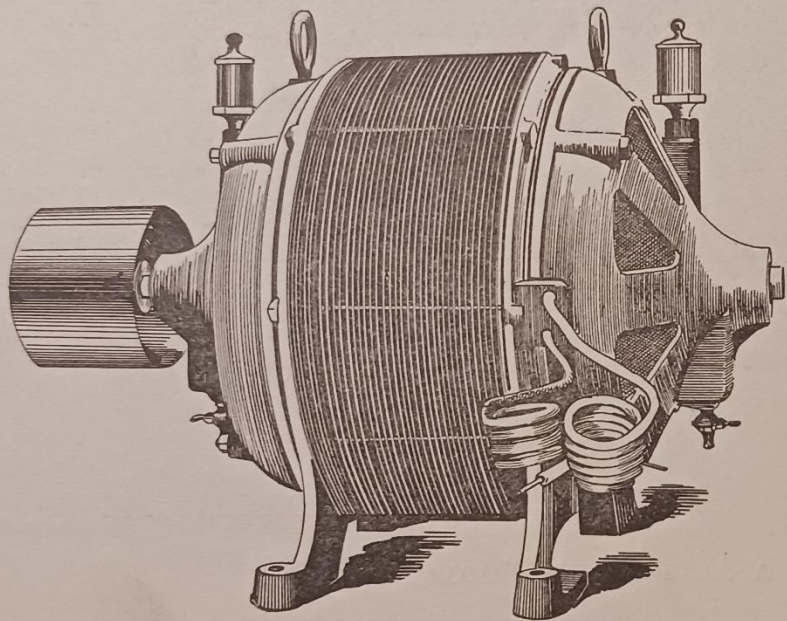
I HAVE had several people, to revise my paper published in Vol. XII of the *Society of Civil Engineers* respond to conditions as included to make a comparison in engines of different cases, reckoned as effective 350 revolutions per minute shaft of a high speed engine.

I would not propose in the cost of producing go into the capitalized former case, but simply power when the interest steam machinery is balanced due to such differences prices for fuel and the casual use.

To accomplish this, at which 540 to 550 in different kinds can be or more similar units as at present, and I manufacturers if they venience the following type of engine which instance in a general

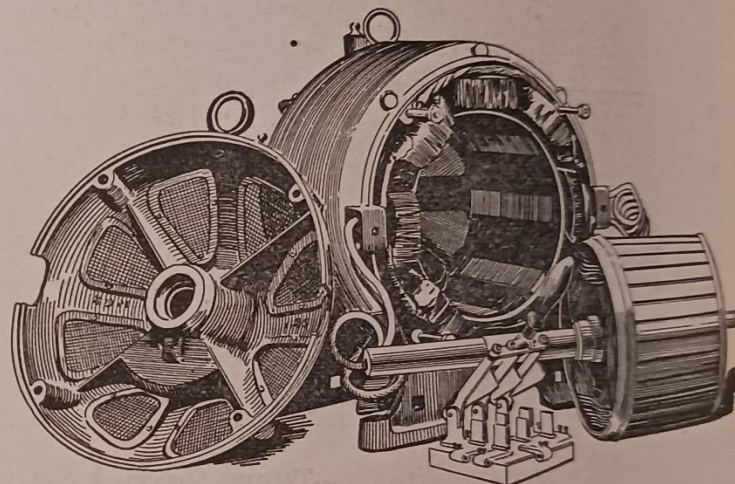


they may be applied in every case where shunt wound motors can be used. At starting, the direct current motors require dead resistance in series, which means considerable loss, but the alternating current motor has inductive resistance, and therefore the loss at starting is much less. Multiphase motors can be used for operating mines, factories, and street railways, and the generating station may be located wherever most convenient for obtaining the best results, and if the pressure is not over 5,000 volts, the motors may be supplied direct from the mains. The Tesla motor has a great advantage over other types of



manufacturers if they will send to me at their convenience the following information duplicated for each type of engine which they regularly manufacture, such as, for instance, in a general way, as simple engines, condensing or non-condensing, fast or slow speed; compound engines, condensing or non-condensing, fast or slow speed; and triple compound engines, condensing or non-condensing, fast or slow speed.

1. Ruling price for 500 h. p. engine delivered at average distance from the works, price to include condenser and air pump if engine is condensing.



ELECTRICAL ENGINEER, N.Y.

James S. ...

FIGS. 2 AND 3.—10 H. P. TESLA ALTERNATING MOTOR.

motors in that it requires no commutator, and consequently is sparkless. The motor may be boxed up, and kept free from dust and grit, and high pressures can be employed successfully. No starting resistance is required and the motor is small and compact, and requires no attention. Tests made at the Westinghouse Co.'s works demonstrate that the Tesla motors are fully as efficient as the best direct current motors.

2. Probable cost of foundations under average conditions.
3. Probable cost of connections to boilers, condenser, pumps, etc., including felting, painting and completion ready for regular use under average conditions.
4. Probable cost of belting to jack shaft if engine be of slow speed.
5. Probable percentage of friction of engine.



later than April.

Changes of one sort and another must be inevitable in the assignment of prominent positions in the management and the conduct of the combined business of the two companies; but in view of the steady growth of the industry it is quite certain that all persons of approved efficiency will, if they choose, find their services in demand in the work of the new corporation.

### MR. TESLA'S LATEST WORK.

THOSE who had the good fortune to attend Mr. Tesla's famous lecture at Columbia College last May, will probably have evinced no surprise on reading the account of his lecture delivered in London, as given in our cablegram last week. It must indeed have been apparent to even the most casual observer that Mr. Tesla's researches had extended much further than the limits of a single evening would permit him to touch upon, while, on the other hand, it was but natural to expect that so skillful an experimenter as Mr. Tesla would make considerable progress during the time intervening between his first lecture and the one just delivered. The latter, is, if anything, even more striking in its results and in its possibilities than that of last May, which came as a revelation to electrical engineers. In it Mr. Tesla has demonstrated not only a number of facts of the highest importance as bearing upon the modern views of the nature of electricity, but has actually shown how to apply some of his results in actual practice. Thus, the operation of a motor running on one wire and even without any connection with the generator would alone have sufficed to make the occasion a memorable one; but the numerous other beautiful experiments performed confirm the opinion, already well grounded, that Mr. Tesla has opened up a new and vast field not only of research but of practical applications. The London Institution of Electrical Engineers and the Royal Institution are to be congratulated on having had Mr. Tesla's latest results first brought out before them, and it is understood that the American Institute of Electrical Engineers will be similarly favored by Mr. Tesla on his return.

### TECHNOLOGICAL TRAINING IN CHICAGO.

THE CHICAGO ELECTRIC CLUB has done a very timely and creditable piece of work in setting the ball rolling for the foundation of a technological school that shall be in some degree commensurate with her other institutions and her place as a manufacturing center. The matter was brought

electrical engineering profession. Nothing city as Chicago, and the training given by men and money, and that it is proposed Physical Laboratory Arts. The World's equipment for both,

### THE BUFFALO

OUR readers will published in these appears in this issue National Electric great importance a to the highest level perhaps, owing to tined to mark a d ing development in social features wi be altogether miss proportion a busin officers of the A this, and as Presic the result may be In all probability convenes again, a therefore to make

THE controversy porcelain and gla week's issue of Jones, electrician in which he gave two types, and porcelain in the weather. In this testimony to that method of testing He also adds an of this superior inferior quality manufactured.

High-Tension Elec  
ON another pa



ments were made in this way at different times, and on each ring. The results seem to show that, approximately at least, the hysteresis in nickel varies, as in iron, with the  $\frac{8}{5}$  power of the maximum flux density, although the difference in the coefficient would indicate some latitude in the amount of hysteretic dissipation with different specimens. As with iron therefore, doubling the flux density in nickel, practically trebles the hysteretic loss.

The writer is indebted to Mr. A. Hoopes for assistance in carrying out this measurement at Mr. Thomas A. Edison's laboratory.

---

#### MR. TESLA'S EXPERIMENTS.

"THE French papers this week are full," says the *London Electrical Engineer*, "of Mr. Tesla and his brilliant experiments. No man in our age has achieved such a universal scientific reputation in a single stride as this gifted young electrical engineer."

---

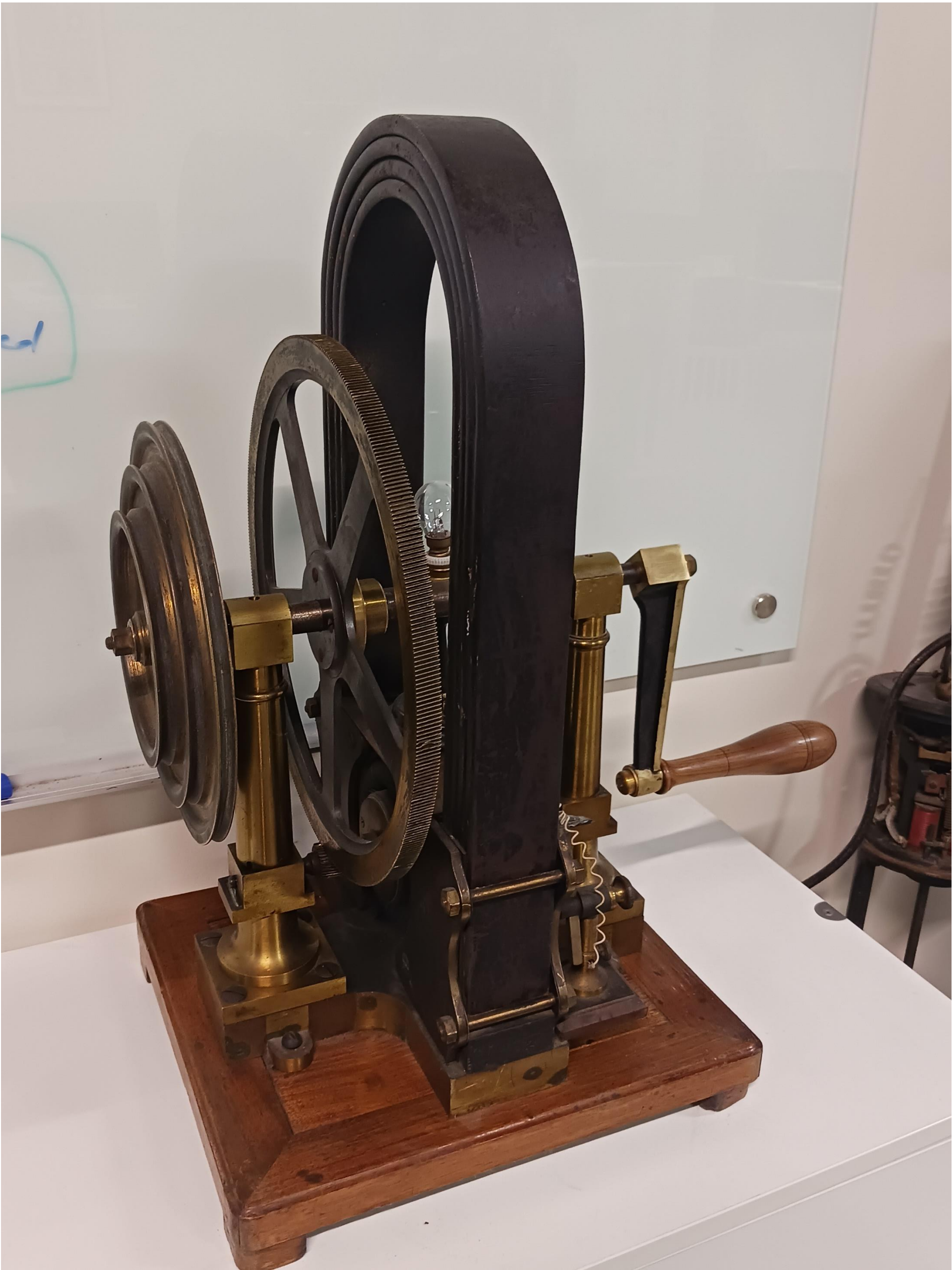
1. "On the Law of Hysteresis." A paper by Mr. C. P. Steinmetz read before the American Institute of Electrical Engineers, Jan. 19, 1892.

all tracks  
shown in  
of the be  
removing  
of tracks  
were laid  
lock, pin









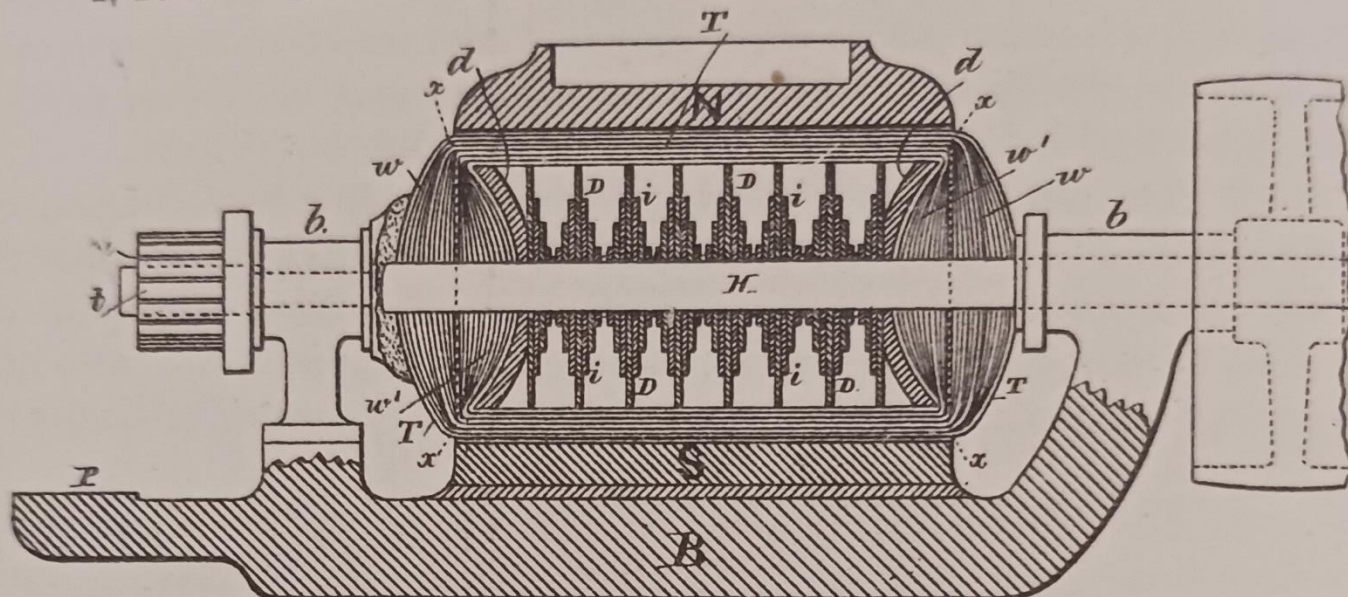






19. The combination of the shaft 42, the coin-depositing lever 43, having a plate, 44, carrying a pin, 88, projecting into said slot, with a door adapted to act upon said chain, and a clock mechanism having ratchet-wheel, and clutch devices adapted to be released by the action of the door and lever and chain, substantially as described.

**359,748. DYNAMO-ELECTRIC MACHINE.** NIKOLA TESLA, Smiljan Lika, Austria-Hungary, assignor to the Tesla Electric Light and Manufacturing Company, Rahway, N. J. Filed Jan. 14, 1886. Renewed Dec. 1, 1886. Serial No. 220,370. (No model.)



*Claim.*—1. In a dynamo-electric machine, the armature constructed of iron disks of various diameters arranged upon the shaft in such a manner that a series of iron bodies is formed, each diminishing in thickness from the center to the periphery, substantially as and for the purposes set forth.

2. In a dynamo-electric machine, the armature-core having iron disks of various diameters, in combination with inwardly-curved end disks, for the purposes and substantially as set forth.

3. In a dynamo-electric machine, an armature-core having inwardly-curved ends, in combination with the armature-coils, the crossing wires of which coils pass into the concave heads and project equally, substantially as set forth.

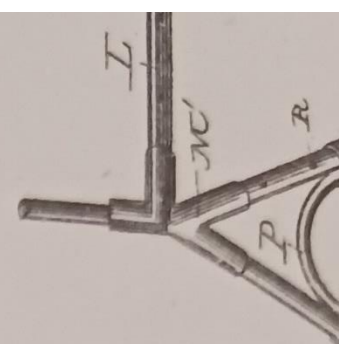
4. In a dynamo-electric machine, an armature having separate coils superimposed and connected to the commutator-plates in alternating groups, substantially as set forth.

5. An armature for dynamo-electric machines, having a core composed of disks of various diameters, in combination with separate superimposed coils connected to the commutator-plates in alternate groups, substantially as set forth.

6. In a dynamo-electric machine, the magnetic frame composed of the cores *c c c c*, the curved pole-pieces *N S*, and the connecting-frame with the curved and outwardly-projecting legs *e e*, substantially as described.

**359,749. FRAME FOR PORTABLE STRUCTURES.** ALBION W. TOURGEE, Mayville, N. Y., assignor to E. K. Tourgée, same place. Filed Apr. 13, 1886. Serial No. 198,748. (No model.)

*Claim.*—1. A frame for



uprights, and side b  
to hook over the e

3. A frame for  
with perforations  
threaded ends, thro  
ries of braces adap  
said braces in posit

4. In a frame  
round bars, unions  
braces adapted to  
set forth.

5. A frame for  
metallic bars or ro  
bars, unions adapt  
bars constituting t  
bracing-bars to e  
adapted to slide al  
and suitable side a  
lower portion of th

6. A frame for  
scribed, and havin  
flooring, substantia

7. A frame for  
drical bars, unions  
sections and secur  
grip said bars, and  
stantially as set for

8. In a frame  
described, in comb  
the respective secti

9. In a fram  
tubular or semi-tub  
the securing of the  
able covering and  
let-shaped portion  
front hook-shaped  
the frame-bars or v  
hook, substantially



OFFICIAL GAZETTE  
U. S. PATENT OFFICE

VOL. XXXVIII.  
—  
JAN.-MARCH,  
1887.

O

U.

JUL



# National Hotel,

M. STAMBAUGH, PROP'R.

York, Pa., Aug 13 1881

My dear Mr Andrews.

Last night the lights were out three or four times and on the whole very unsatisfactory about 7 o'clock. engine #2 got a hot crank pin and the engineer turned off steam before he could be stopped. We threw the load on the other and about 8.30 the governor spring of that one broke and threw us in darkness. I threw the load back on #2 and ran with a smoking crank until the other governor



# National Hotel,

M. STAMBAUGH, PROP'R.

York, Pa.,

188

could be bottled down. Then  
threw back on #1 and ran by  
the throttle but could not get  
any thing satisfactory as it  
ran like a race horse. About  
11.40, the tin oiler on cross head  
came off and that got hot  
and had to shut down for the  
night. The lights were up and  
down for over an hour. and  
people this morning are growling.

They have no extra springs so I  
do not know what they will do for  
this evening.

Yours very truly

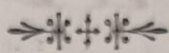
C. L. Edger



DIRECTORS { G. P. YOST, PRESIDENT, J. H. BEAR, TREASURER, A. F. GEESEY.  
C. A. EISENHART, VICE PRESIDENT, J. WIEST, SECRETARY, F. BRUNHOUSE.



OFFICE OF THE



Edison Electric Light Company,

York, Pa., Aug. 6<sup>th</sup> 1885

E. W. Johnston.

Dear Sir:-

In reply to yours of the 5<sup>th</sup> I will state that I am perfectly willing to be held responsible for everything that is under my supervision and in which I have any power to act. I am the servant of the board of directors and I then have charge of all correspondence and keep all accounts. Have



charge of the lines, and  
now of all house  
wiring and the taking of  
contracts. The building of  
the Station the purchase  
of Boilers, and Engines  
the employment of Engines  
and the purchase of  
Coal and Oil is in the  
hands of a committee  
consisting of Gort, Buer  
and Eismant;

The building I think will  
answer every purpose  
except that it should  
have ventilators in the  
roof, and I think I will  
be able before long to  
get the committee to accept  
there. The boiler ~~and~~  
~~foundry~~, and give



entire satisfaction.

The engines are not-  
doing very well. But-  
Mr. Hargreaves assures us  
that they will be all-  
right. The electrical work  
and dynamos were  
all put in place by  
your own men without  
any interference on my  
part, and in my opinion  
are in excellent condition.  
The pole line has  
been frequently inspected  
by your Mr. Andrews  
and pronounced O.K. except  
in a few places guard  
wires and guard pins  
will have to be placed  
yet and will be done  
so, at several places



DIRECTORS { G. P. YOST, PRESIDENT,  
C. A. EISENHART, VICE PRESIDENT,

J. H. BEAR, TREASURER,  
J. WIEST, SECRETARY,

A. F. GEESEY,  
F. BRUNHOUSE.



are worse run to close  
to ours, but they refuse  
to make them. The house  
wiring done by our  
**Edison Electric Light Company,**  
head men under my  
supervision gave entire  
satisfaction. At the National  
House last evening of 110  
lamps every one gave  
satisfaction, and the  
illumination was admired  
by all. But the house  
wiring done by your  
Mr. Acker under the  
contract of Mr. Story  
who was recommended  
by your Mr. Clark and  
inspected and called  
all right by your  
Mr. Andrews was of the  
most flimsy kind and  
gave us lots of



trouble, when we started  
your Mr. Clark ~~replied~~  
and strongly recommended  
Mr. Story to us to take contracts  
and mine houses at the  
rate of \$2.50 per lamp we  
took his <sup>clerk's</sup> advice and  
employed Mr. Story. His  
light contracts were taken  
irregular and without  
a uniform rate many  
of them entirely to loss  
and his mining has  
proven very bad, and  
yet your Mr. <sup>Andrews</sup> ~~Adams~~ at  
our request inspected them  
and called them right.  
We then paid Mr. Story  
in full, only to find out  
after we turned the lights  
on, that there were lots



DIRECTORS { G. P. YOST, PRESIDENT.

{ C. A. EISENHART, VICE PRESIDENT.

J. H. BEAR, TREASURER,

J. WIEST, SECRETARY,

A. F. GEESEY.

F. BRUNHOUSE.



# Edison Electric Light Company,

of crasses, work done  
 country to your every rule,  
 lamps in but ~~positions~~  
 were because they were  
 easy of access to ruin,  
 and consequently entail  
 an expense on the company  
 to have them changed and  
 made right: for this we  
 will hold your Mr. Clark  
 responsible in the first  
 place for recommending  
 Mr. Story, and it was for  
 this reason that the Directors  
 refused to grant an order  
 to pay Mr. Andersen for  
 inspecting and calling  
 right what was wrong.  
 A few of the service wires  
 run by Mr. Stable under the  
 direction of your Mr. Edgar are  
 so small and have to be  
 changed. If there is any else  
 wrong Mr. Andersen has failed to  
 point it out. Don R. D. Miss-

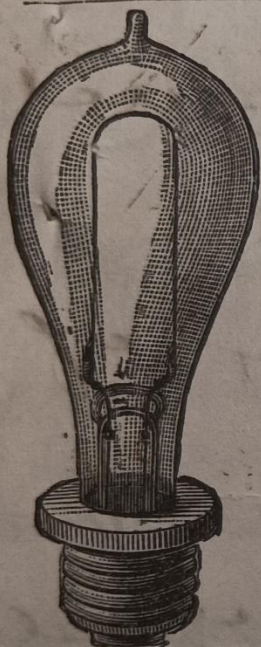


DIRECTORS

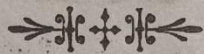
G. P. YOST, PRESIDENT,  
C. A. EISENHART, VICE PRESIDENT,

J. H. BEAR, TREASURER,  
J. WIEST, SECRETARY,

A. F. GEESEY.  
F. BRUNHOUSE.



OFFICE OF THE



Edison Electric Light Company,

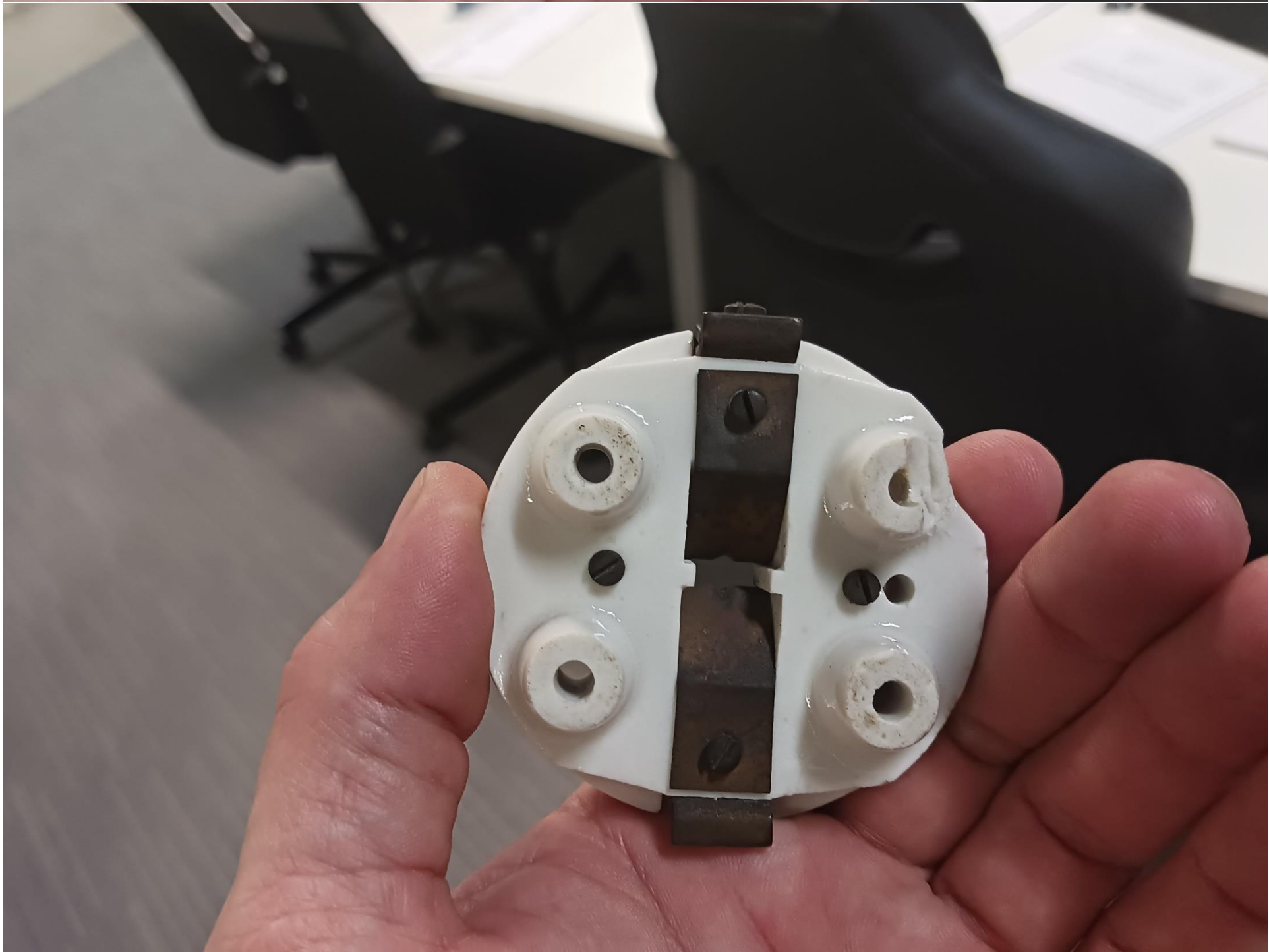
York, Pa., Augt-6<sup>th</sup> 1885

E. W. Johnston

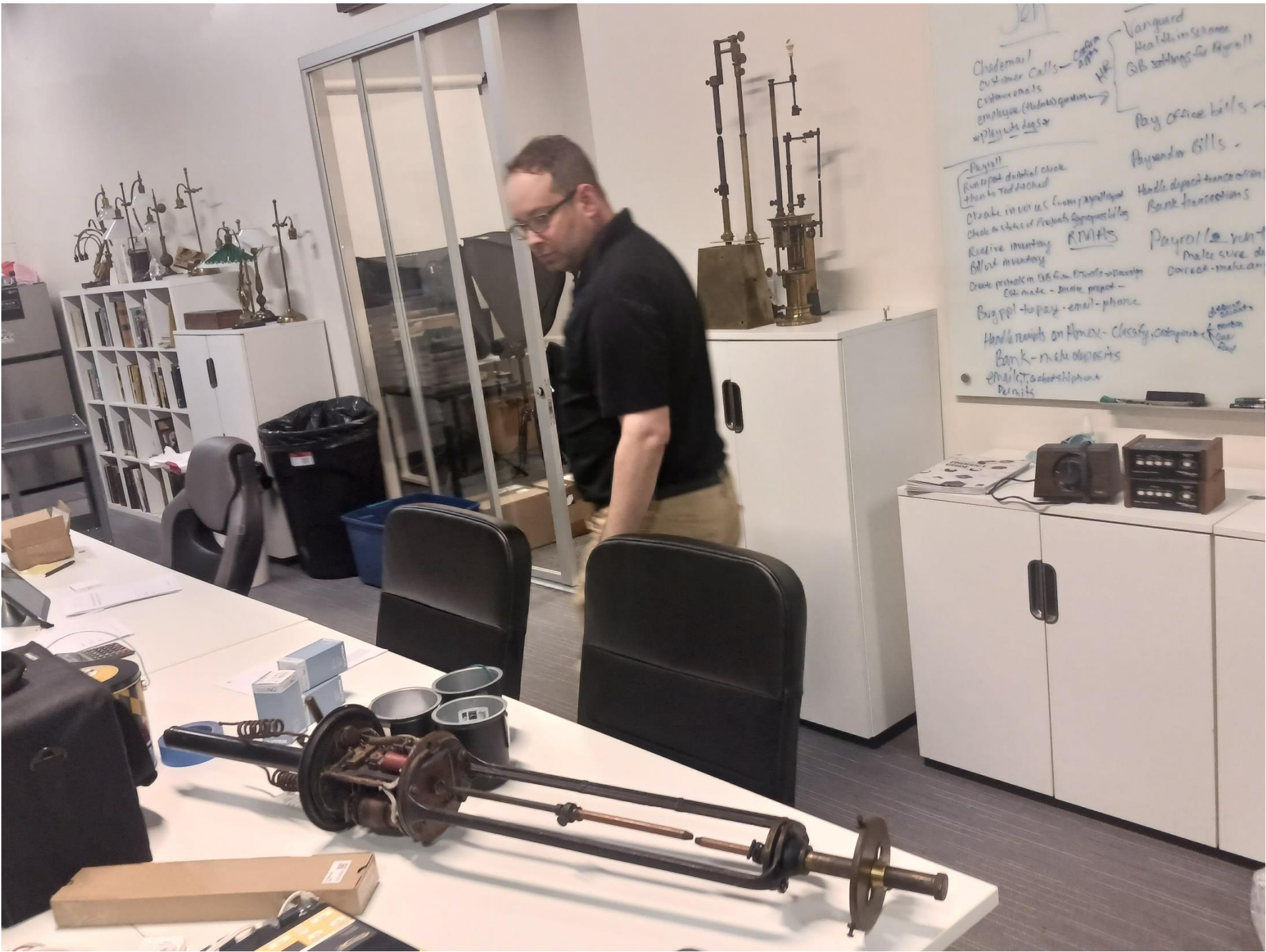
Dear Sir:-











Chad email  
Customer Calls - <sup>Call</sup> app  
Customer emails  
Employee (Hudson) questions  
Employee logs

Payroll  
Run report detailed check  
then to Ted checked  
Create invoice from payroll  
Check status of payroll deposits to log  
Reconcile inventory  
Bill out inventory  
Create payroll in US Gov. Oracle - transfer  
Estimate - direct report -  
Big pay to pay - email - phone  
Handle reports on Amex - classify, categorize  
Bank - make deposits  
Email let subscription  
Permits

Vanguard  
Health insurance  
SIB settings for payroll

Pay office bills -  
Pay vendor bills -  
Handle deposit transactions  
Bank transactions  
Payroll - run  
Make sure de  
Concord - make an

Subscriptions  
Quarterly  
Car

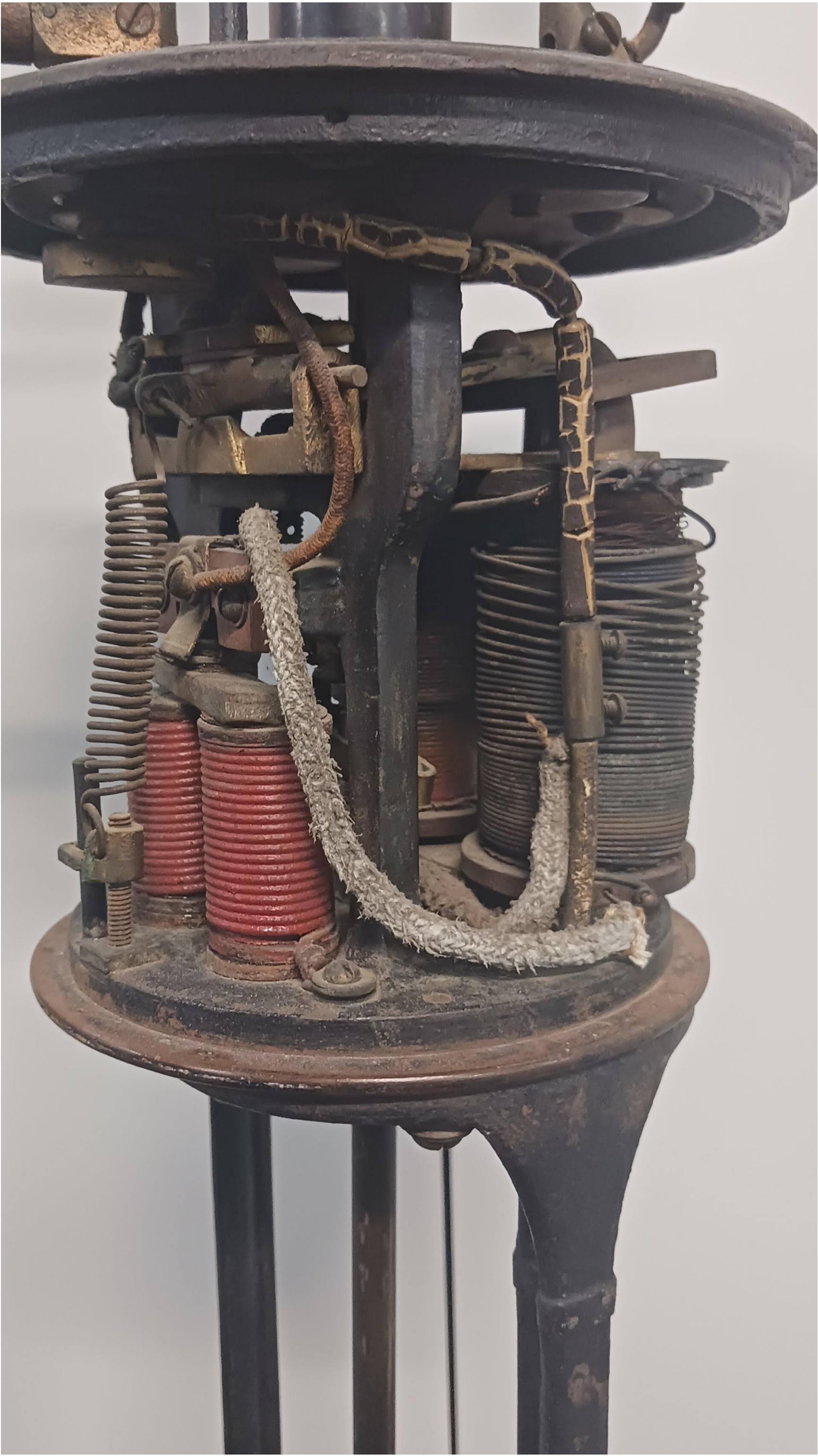
















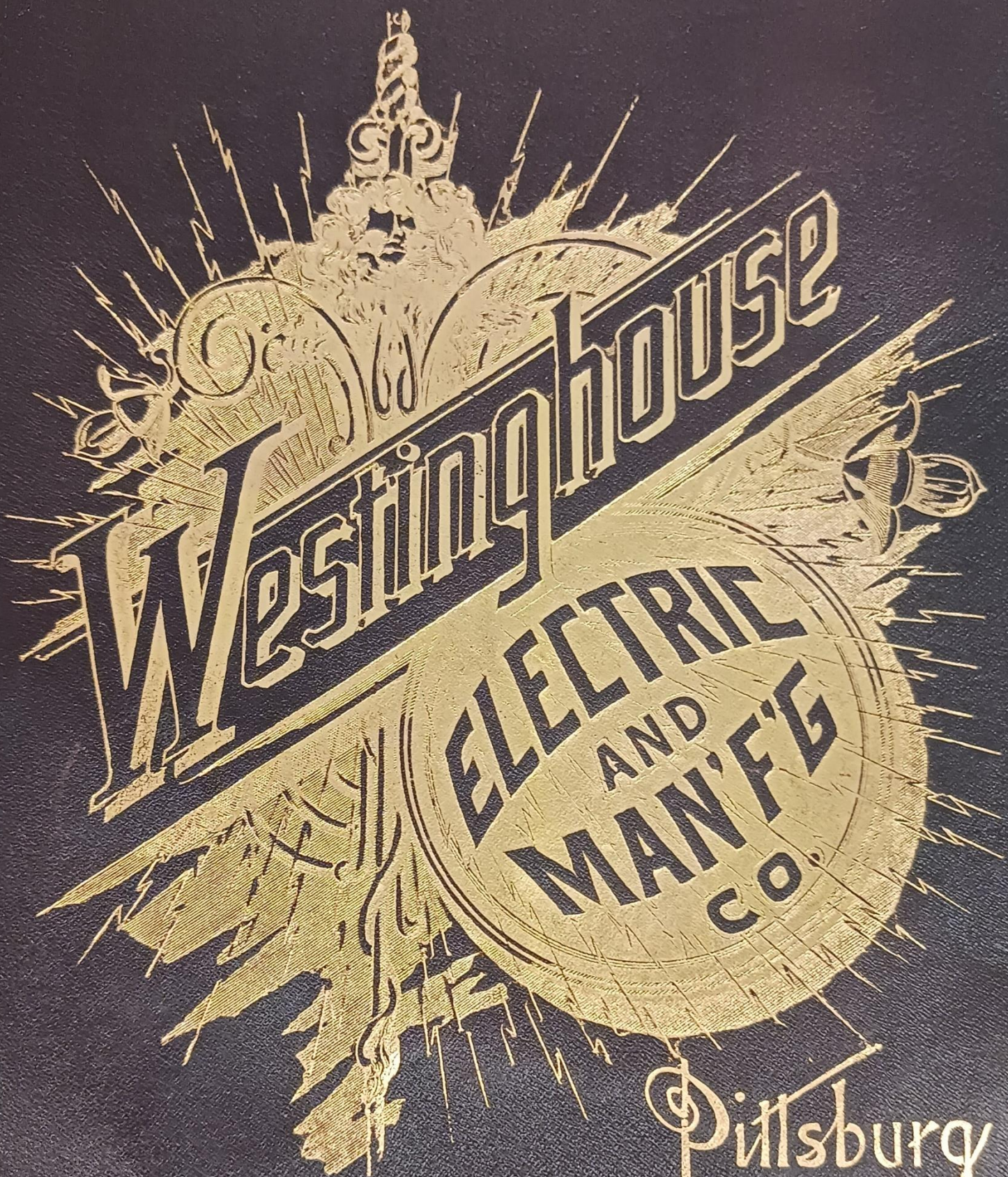








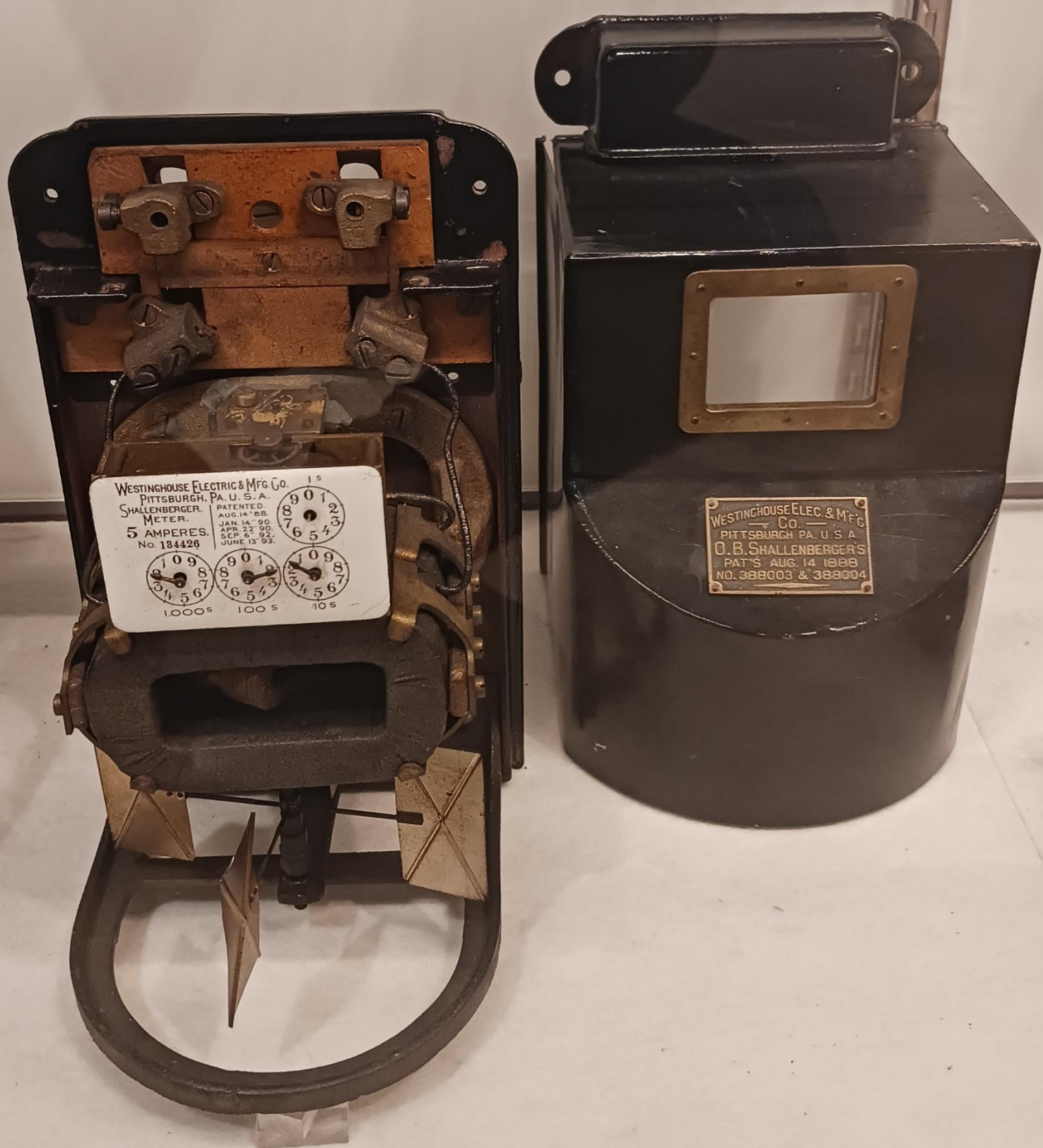




Pittsburg Pa.

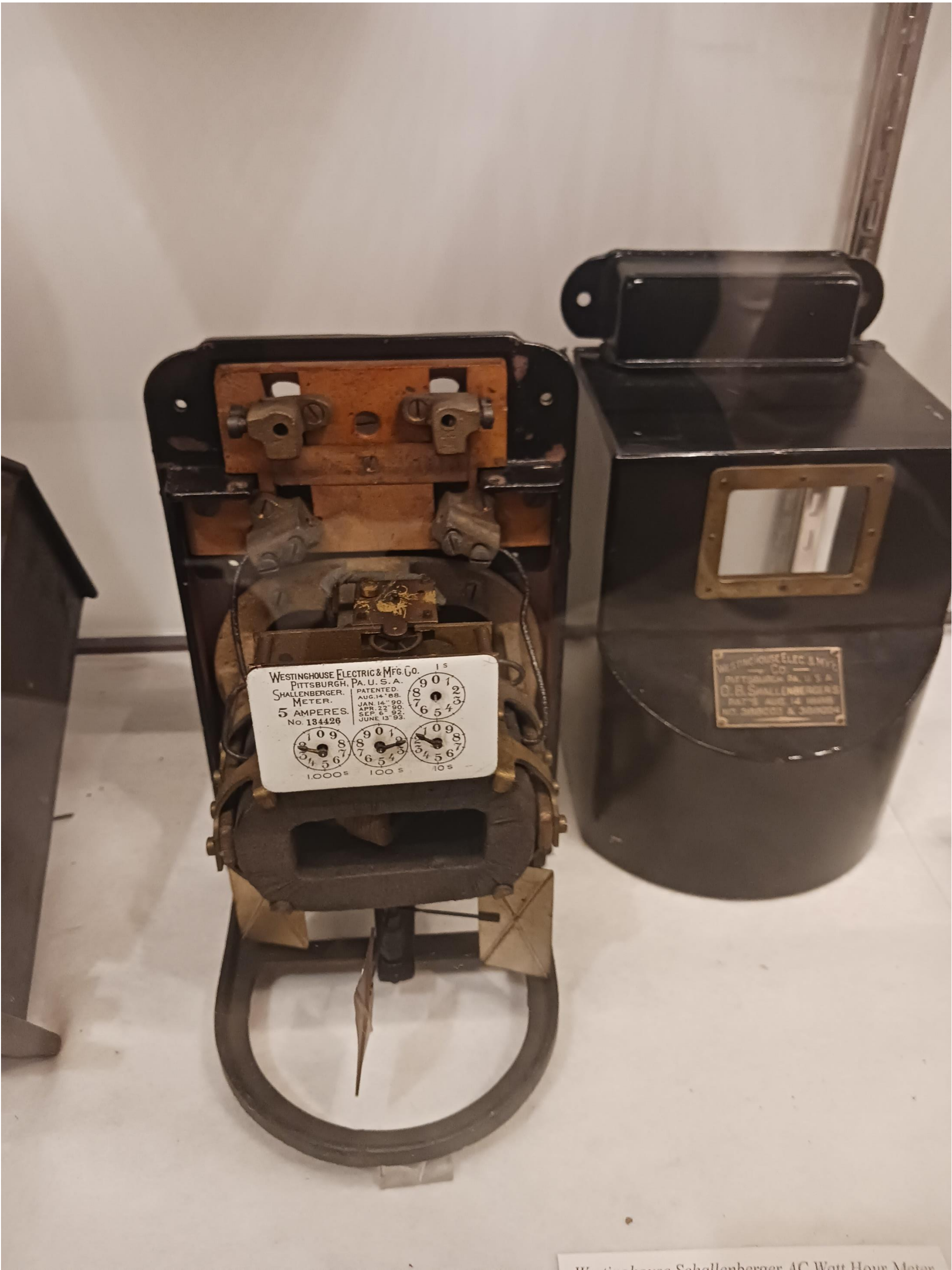
•U.S.A.





Westinghouse Schallenger AC Watt Hour Meter  
c. 1894







WESTINGHOUSE ELECTRIC & MFG. CO.

PITTSBURGH, PA. U. S. A.

SHALLENBERGER.  
METER.

5 AMPERES.

No. 134426

PATENTED.

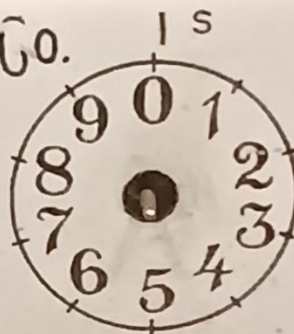
AUG. 14 '88.

JAN. 14 '90.

APR. 22 '90.

SEP. 6 '92.

JUNE 13 '93.



1,000 S



100 S



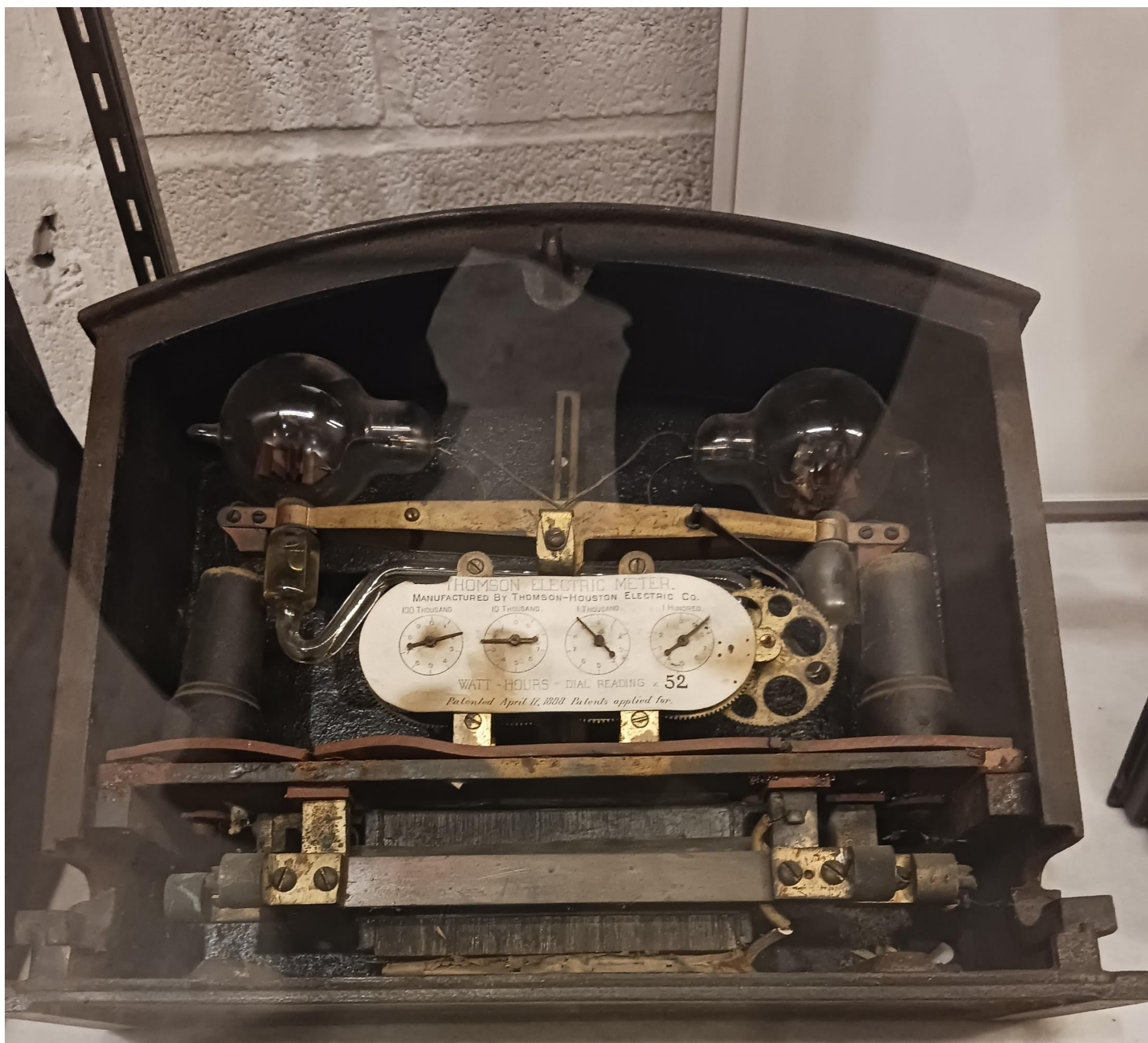
10 S



WESTINGHOUSE ELEC. & MFG  
CO.  
PITTSBURGH PA. U.S.A  
D.B. SHALLENBERGER'S  
PAT'S AUG. 14 1888  
NO. 388003 & 388004

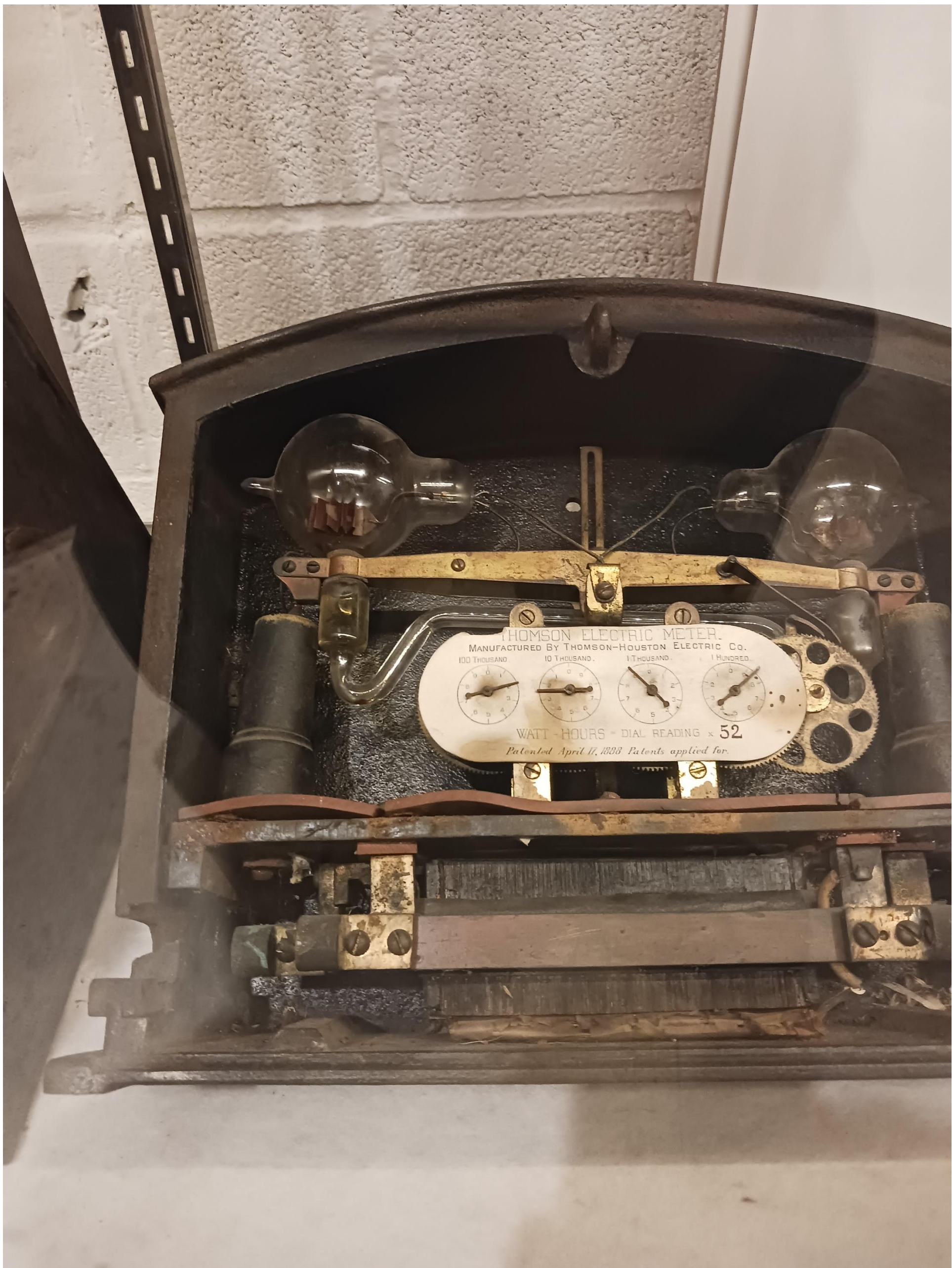
*Westinghouse Schallenger AC Watt Hour Meter  
c. 1894*



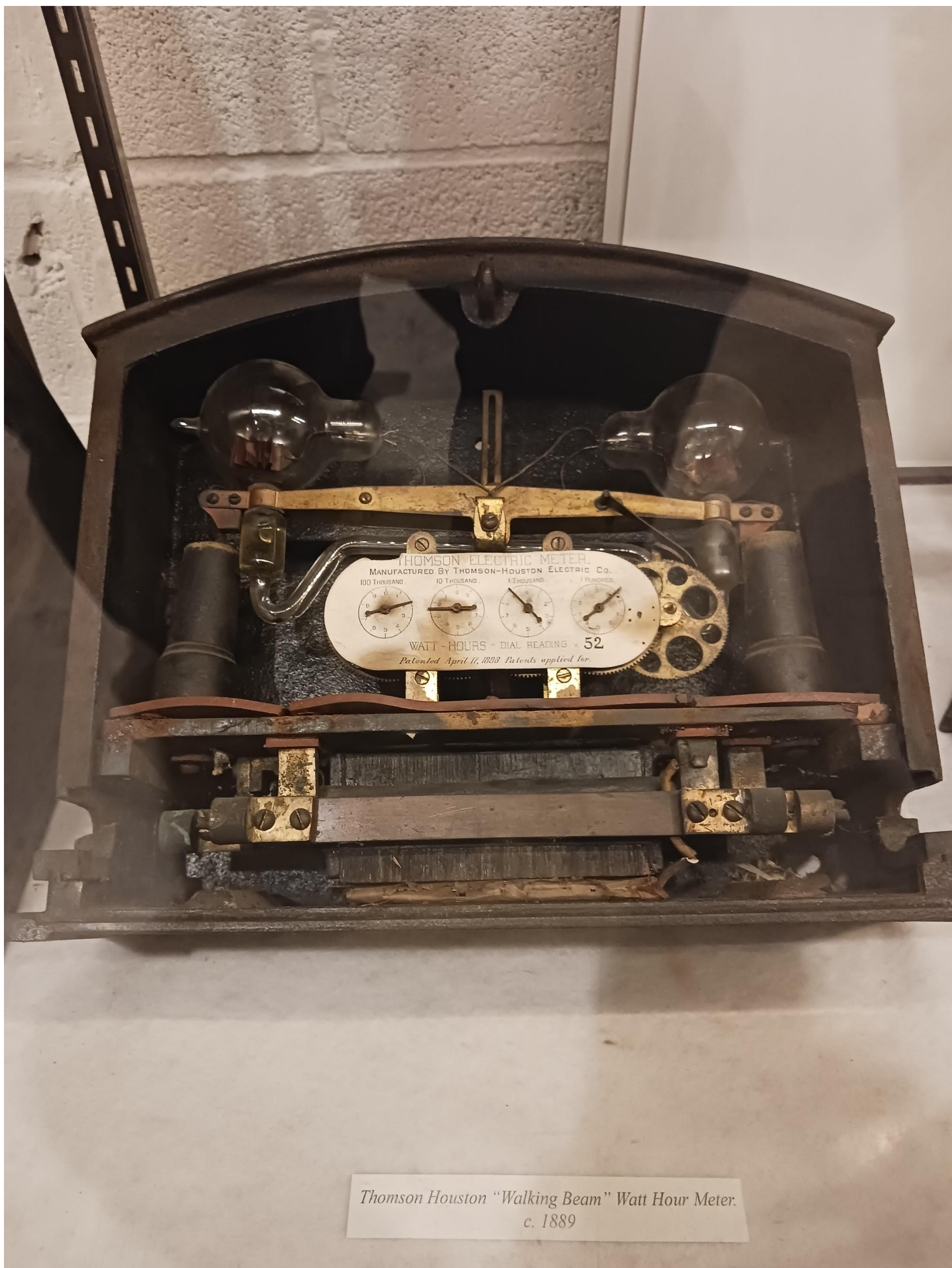


Thomson Houston "Walking Beam" Watt Hour Meter.  
c. 1889



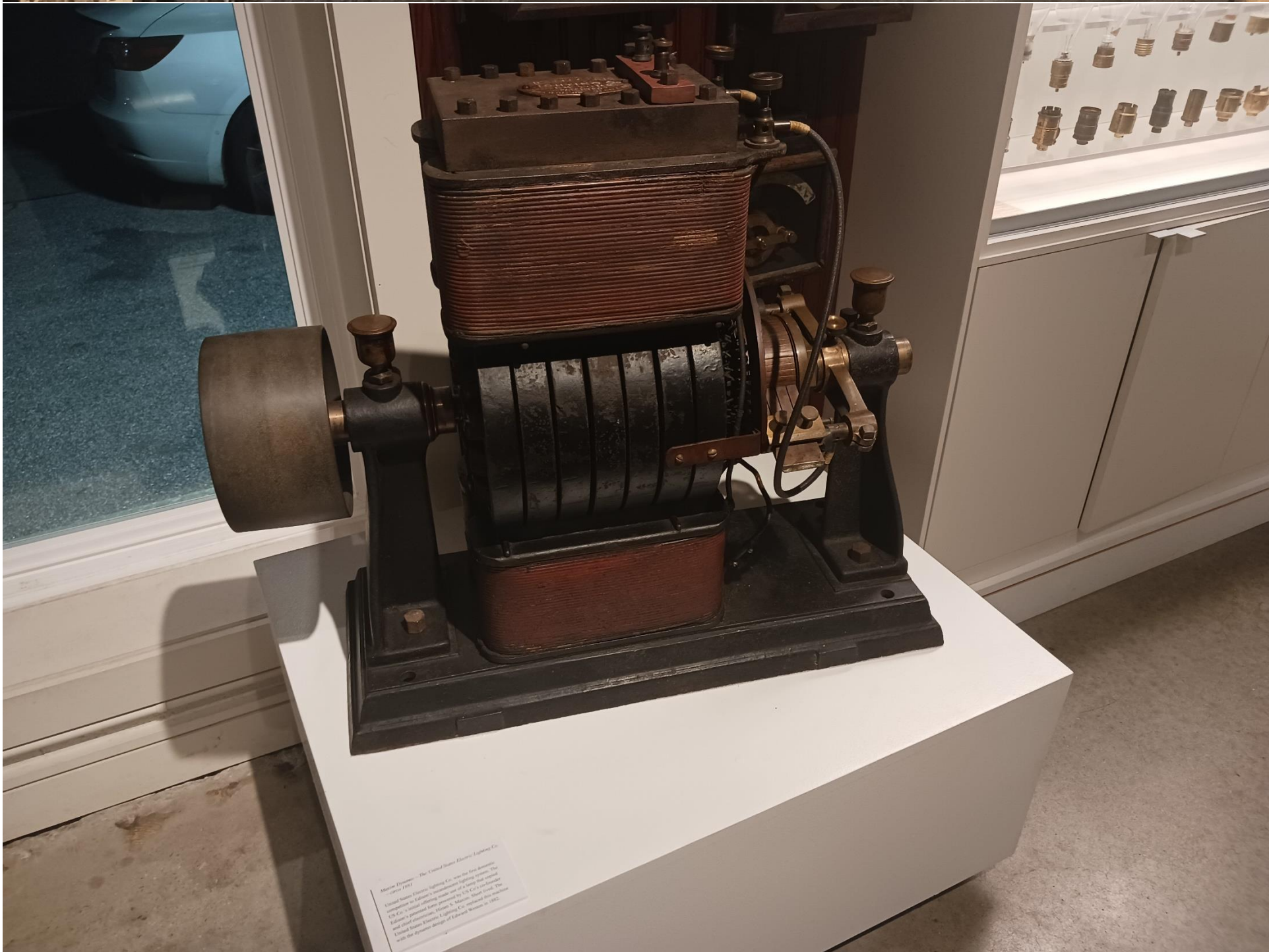
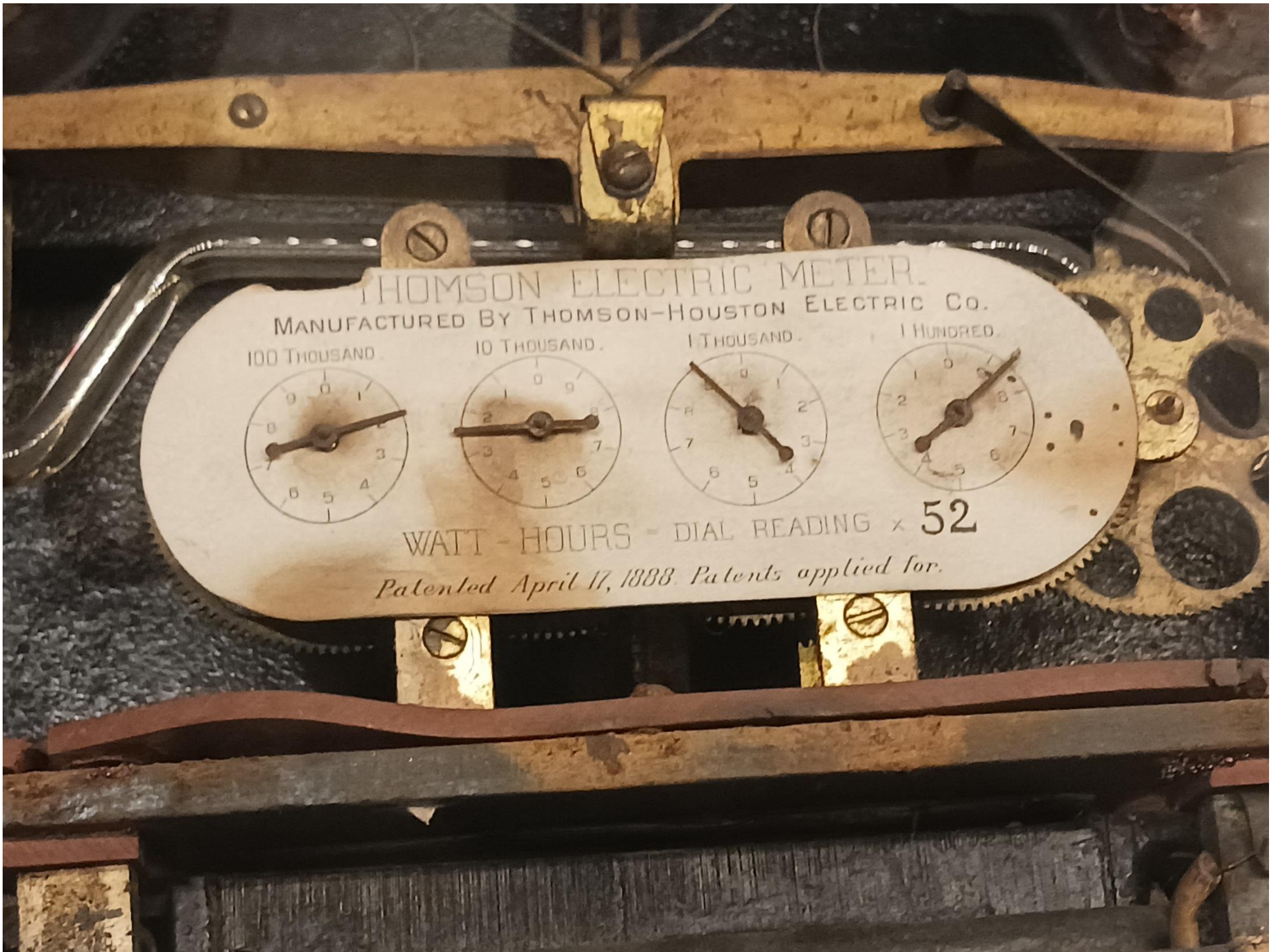






Thomson Houston "Walking Beam" Watt Hour Meter.  
c. 1889







*Maxim Dynamo ~ The United States Electric Lighting Co.  
~ circa 1881*

United States Electric lighting Co. was the first domestic competitor to Edison's incandescent lighting system. The US Co.'s initial offering made use of a lamp that copied Edison's patented form powered by US Co's co-founder and chief electrician, Hiram S. Maxim. Short lived, The United States Electric Lighting Co. replaced this machine with the dynamo design of Edward Weston in 1882.





# The Mather Electric Co.

## General Instructions for OPERATING THE DYNAMO.

The Dynamo should be placed in a dry, clean place and kept free from dust and dirt. Use a limpid oil free from grit and let it FLOW FREELY through the bearings. When drawn from the drip cup it should be nearly as clean as before it was used. Strain and use over and over.

If the bearing run hot, remove the yokes and scrape the journal boxes. Don't use emery in any form.

Keep the channels to the drip cups clear. If the oil is allowed to overflow and soak the commutator or armature wires it may cause a burn out.

Keep the commutator clean and free from scratches. The best plan is to rub the commutator over occasionally, while running, with a piece of cloth, and if it shows signs of cutting, moisten a piece of clean cloth with a drop of oil and rub over it. Any free oil on the commutator is a source of danger.

If the commutator should become roughened use 00 sand paper, never emery, to polish it. When the commutator is in proper condition it presents a dark glazed surface which will run day after day without other attention than keeping it clean.

The brushes should be firmly screwed in the brush holders and placed at diametrically opposite points of the commutator, the pressure being only sufficient to insure good contact; never have them press so heavily as to scour or cut the commutator.

If there is any sparking at the brushes, adjust the brush arm, and if necessary the brushes separately. This will need to be done occasionally as long as the machine runs, especially if many lights are turned on or off. The commutator must run without spark or no amount of polishing or cleaning will keep it from cutting. A little attention will save both brushes and commutator. A set of brushes should last for months, a commutator for years.

Contacts of switches and safety catches should be kept clean and bright at all times to insure good contact.

When the dynamo is not in use it should be covered.

Be careful in using wrenches, screw drivers, or other tools near the machine while it is running, as the magnets may attract the tools and do damage.

In no case should the dynamo be allowed to carry more than its rated number of lights.

To start the dynamo, proceed as follows: Fill oil cups and set feed.

Start machine and get it running at full speed.

See that resistance box is full in, with handle to extreme right.

Place the brushes as above directed on the commutator; see that they press easily and not too hard.

Gradually raise the handle of resistance regulator until lamps are at proper candle-power.

In stopping the dynamo follow the above directions in reverse order.

Should safety fuses need renewing, switch the current off the circuit before doing so and renew the flow of current when done.

The safe and satisfactory operation of an electric light plant depends entirely on observing these rules, and owners and engineers will do well to bear this in mind.



6-10 amp  
1-25  
6-10 amp  
35-100  
35-100  
24-10  
12-10  
6-10  
35-100  
24-10  
12-10  
6-10





Co.

MO.

rust and dirt.  
ings. When  
Strain and  
s. Don't use  
ow and soak  
s to rub the  
l if it shows  
over it. Any  
er emery, to  
glazed surface  
i.  
l at diametri-  
ent to insure  
commutator.  
necessary the  
achine runs,  
t run without  
A little atten-  
st for months,  
bright at all  
machine while  
rated number



















# Absinthe Drip

\$ VARIES

**French:** Anise is highlighted in this sweeter variation with a large herb bouquet.

Absente (110 proof) - \$12

Grande Absente (136 proof) - \$18

Pernod Absinthe Superieure (136 Proof) - \$19

Vieux Pontarlier (130 Proof) - \$19

**Swiss:** Milder, anise takes a backseat.

Duplais Verte (136 Proof) - \$22

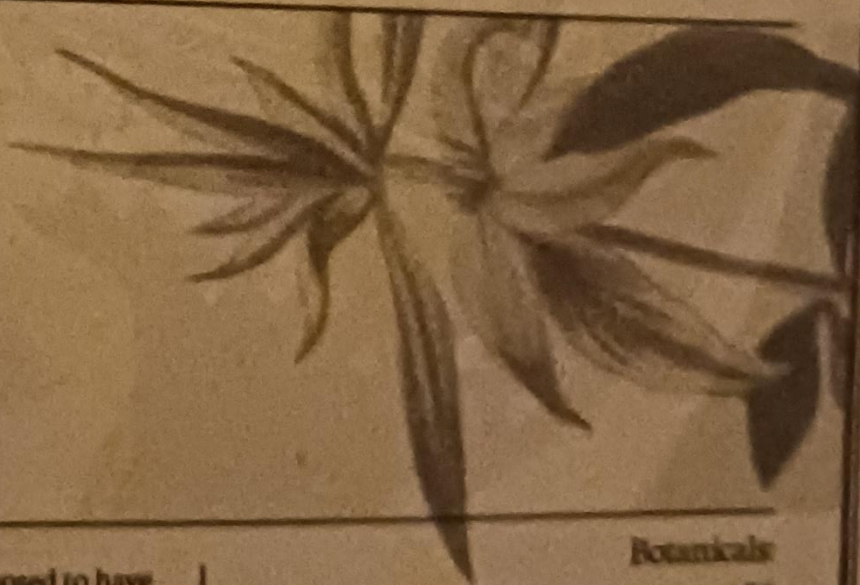
**Czech:** Wormwood as the focal point.

Mata Hari (120 proof) - \$13

**American:** Traditional absinthe meets American ingenuity and diversive style.

Tenth Ward Absinthe Nouvelle (140 proof) - \$17

Awake, ye Vulgar! From her sacred groves  
With maniac step the Pythian Laura moves;  
Full on her lips, and fury in her eyes,  
Stung writhes her limbs, and her wild dishevel'd hair  
Starts from her laurel-wreath, and swims in air.  
While twenty Priests the gorgeous shrine surround,  
Cinctur'd with ephods, and with garlands crown'd,  
Contending hosts and trembling nations wait,  
The firm immutable behests of Fate;  
—She speaks in thunder from her golden throne  
With words unwill'd, and wisdom not her own.



## Botanicals

Artemisia absinthium (wormwood)\*

Pimpinella anisum (green anise)\*

Foeniculum vulgare (fennel)\*

Artemisia pontica (petite wormwood)

Hyssopus officinalis (hyssop)

Melissa officinalis (lemon balm)

Illicium verum (star anise)

Angelica archangelica (angelica)

Mentha piperita (peppermint)

Coriandrum sativum (coriander)

(\*Laura. Prunus Lauro-cerasus. The Pythian priestess is supposed to have been made drunk with the infusion of lauro-leaves when she delivered her oracles. I have seen about two spoonfuls of it destroy a larger pointer dog in less than ten minutes. In a smaller dose it is said to produce intoxication: on this account there is reason to believe it acts in the same manner as opium and vineus spirit; but that the dose is not so well ascertained. It is used in the ratifis of distillers, by which some dram-drinkers have suddenly been killed.")







"The Electrician" Series.

THE  
MANUFACTURE OF CARBONS  
FOR  
ELECTRIC LIGHTING & OTHER PURPOSES.

BY  
FRANCIS JEHL, M.Am.I.E.E.



THE  
MANUFACTURE OF CARBONS  
FOR  
ELECTRIC LIGHTING AND OTHER PURPOSES.

A Practical Handbook,

GIVING A COMPLETE DESCRIPTION OF THE ART OF MAKING  
CARBONS, ELECTRODES, &c, THE VARIOUS GAS GENERA-  
TORS AND FURNACES USED IN CARBONISING;  
WITH A PLAN FOR A MODEL FACTORY.

BY

FRANCIS JEHL,

MEMBER OF THE AMERICAN INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS; FORMERLY  
ASSISTANT TO T. A. EDISON, AT MENLO PARK, N.J., U.S.A., AND ENGINEER  
TO THE CIE. CONTINENTALE EDISON DE PARIS.

---

---

NEW YORK:

THE D. VAN NOSTRAND COMPANY,  
23, MURRAY STREET, AND 27 WARREN STREET.

LONDON:

"THE ELECTRICIAN" PRINTING AND PUBLISHING COMPANY,  
LIMITED,

SALISBURY COURT, FLEET STREET.

JAPAN: Z. P. Maruya & Co., 14, Nihonbashi Tori Sancho, Tokyo.

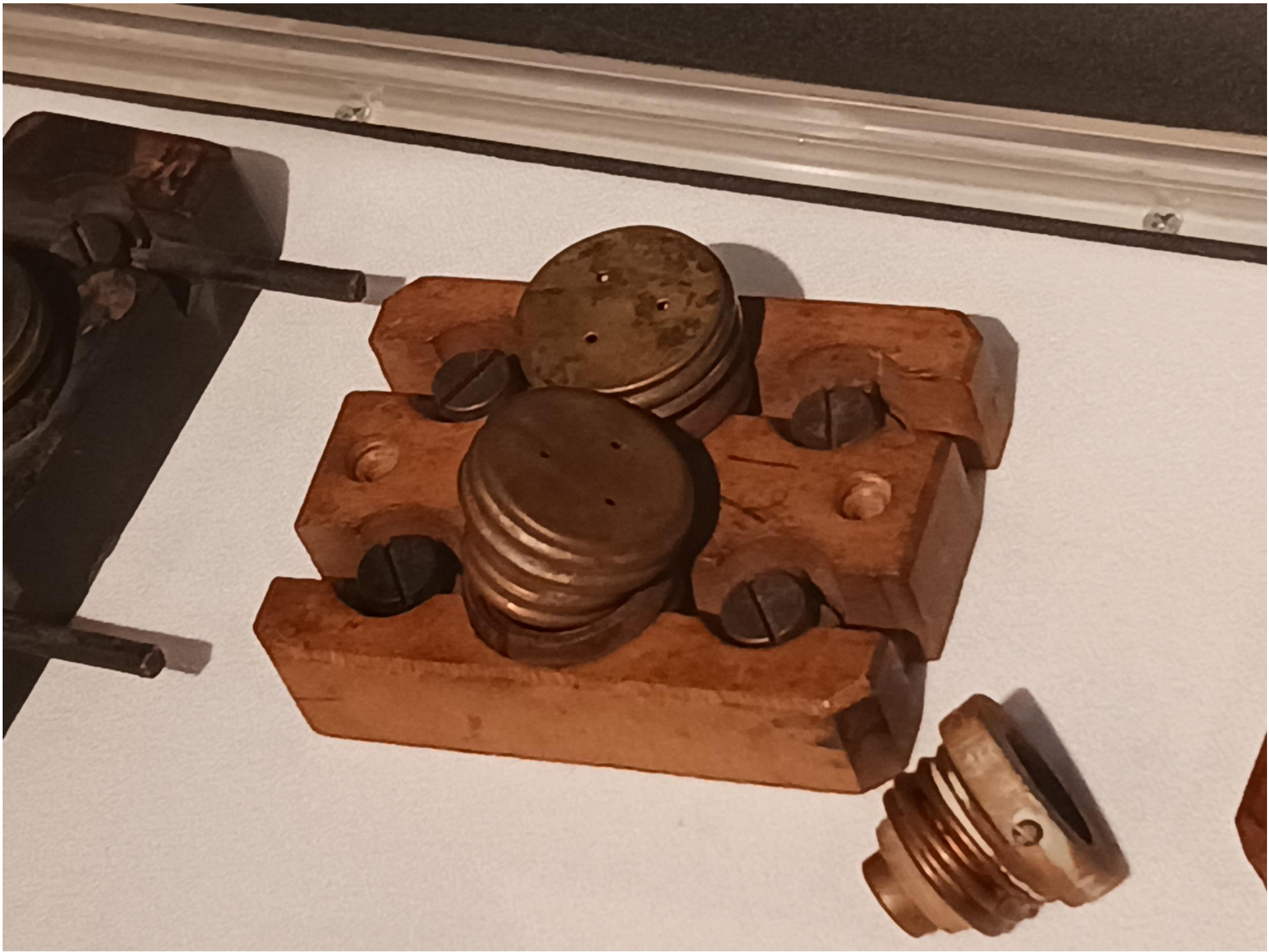
INDIA: Thacker, Spink & Co., Calcutta.

Higginbotham & Co., Madras.

AUSTRALIA: George Robertson & Co., Melbourne, Sydney, Adelaide  
and Brisbane.

[All Rights Reserved.]



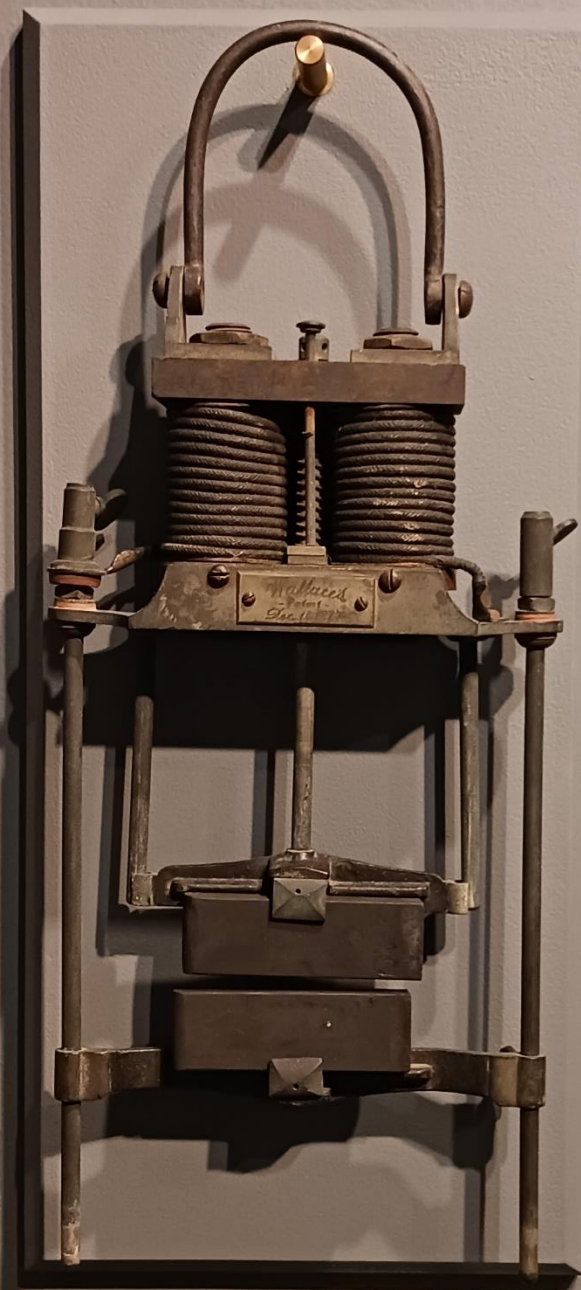
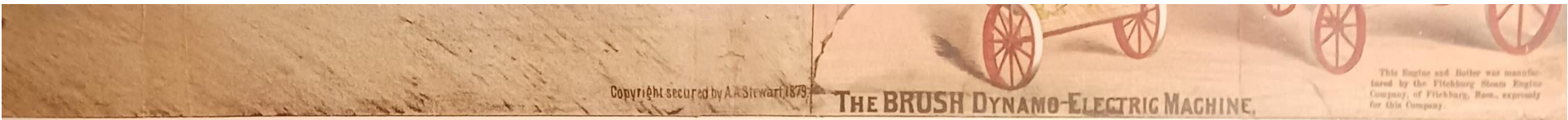




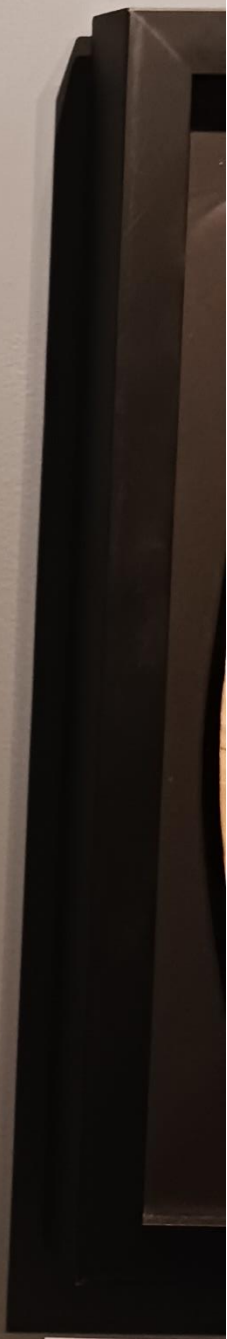


C. T. Hughes S. D. White  
George Hill Francis J. Hill  
Interior of Edison's Laboratory  
Menlo Park  
Feb. 1880 N.Y.



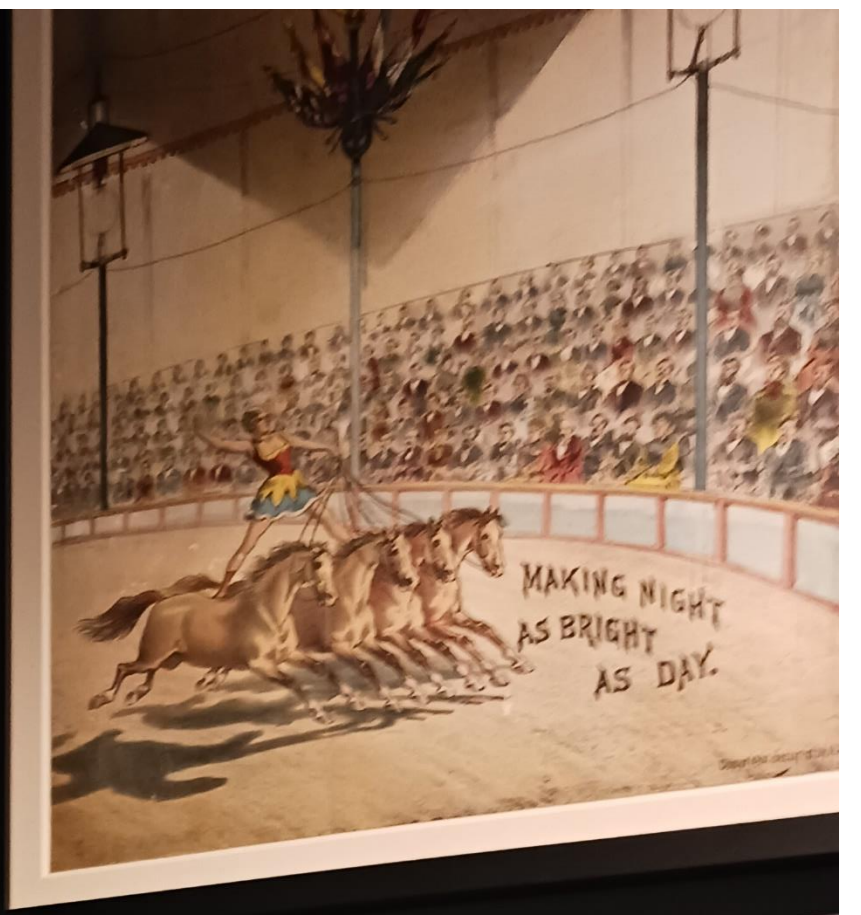
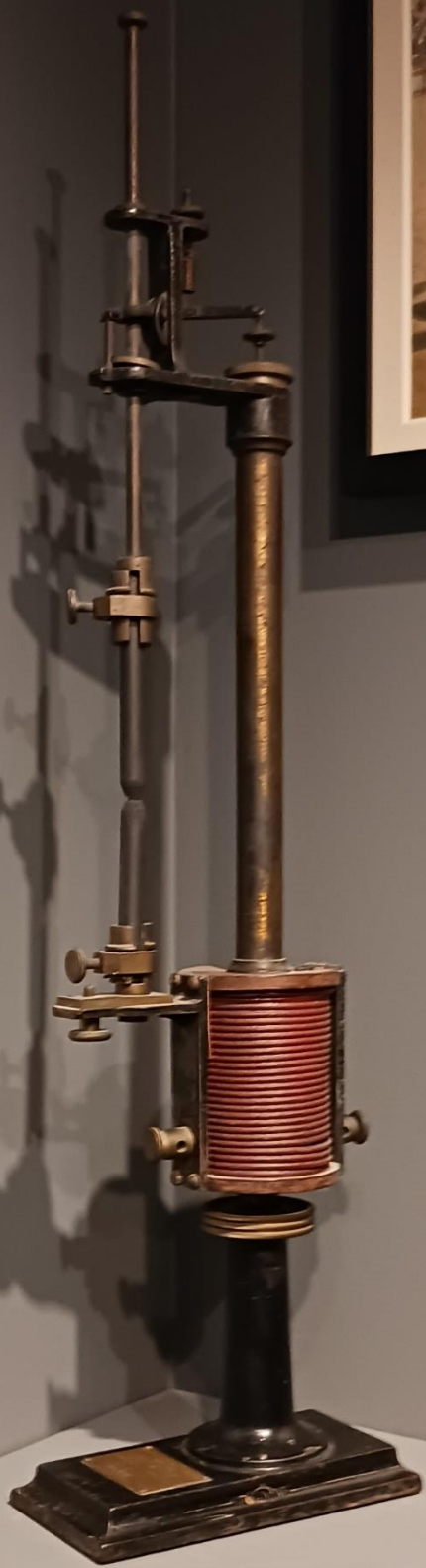
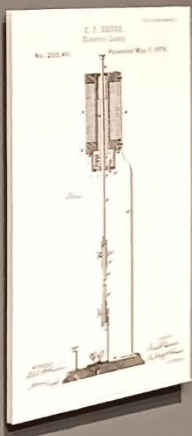


William Wallace Arc Lamp - circa 1878

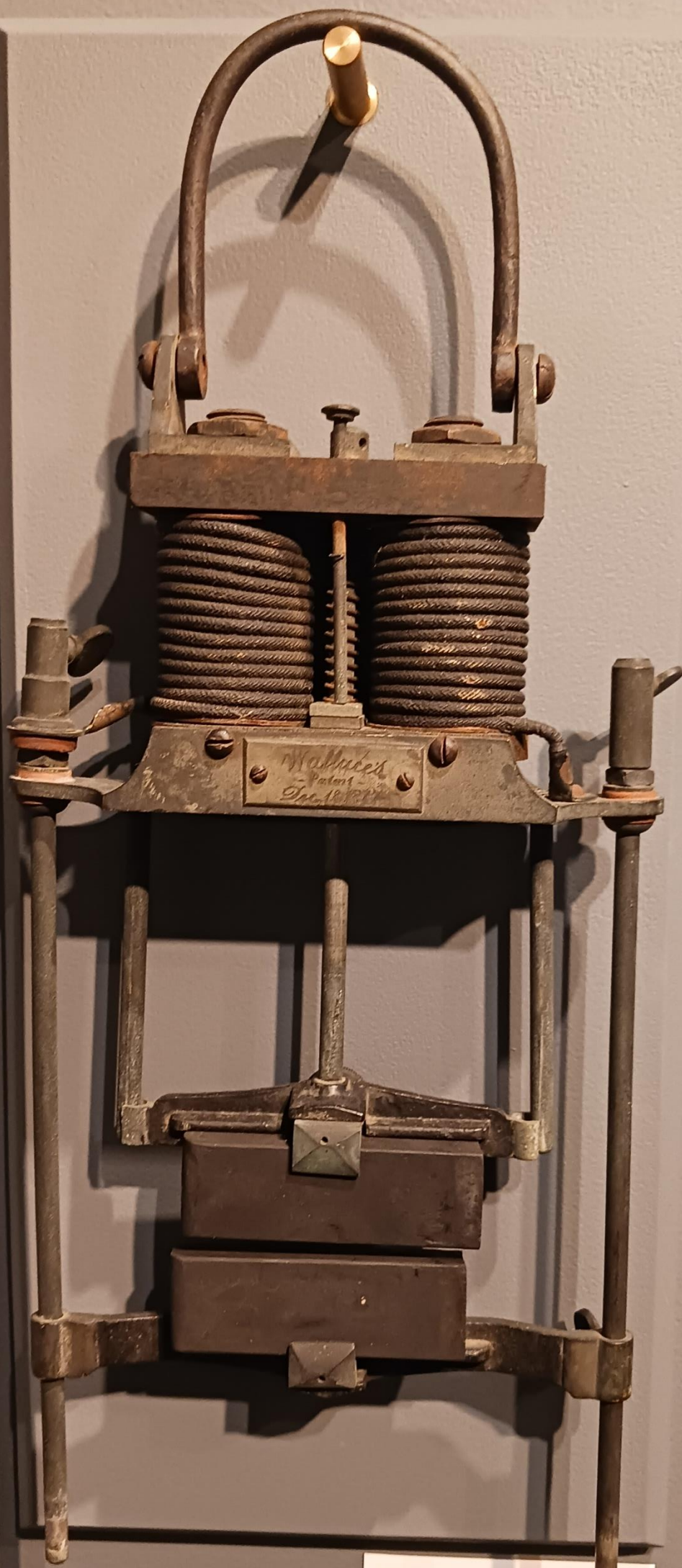


1887 Patent Concept Drawing



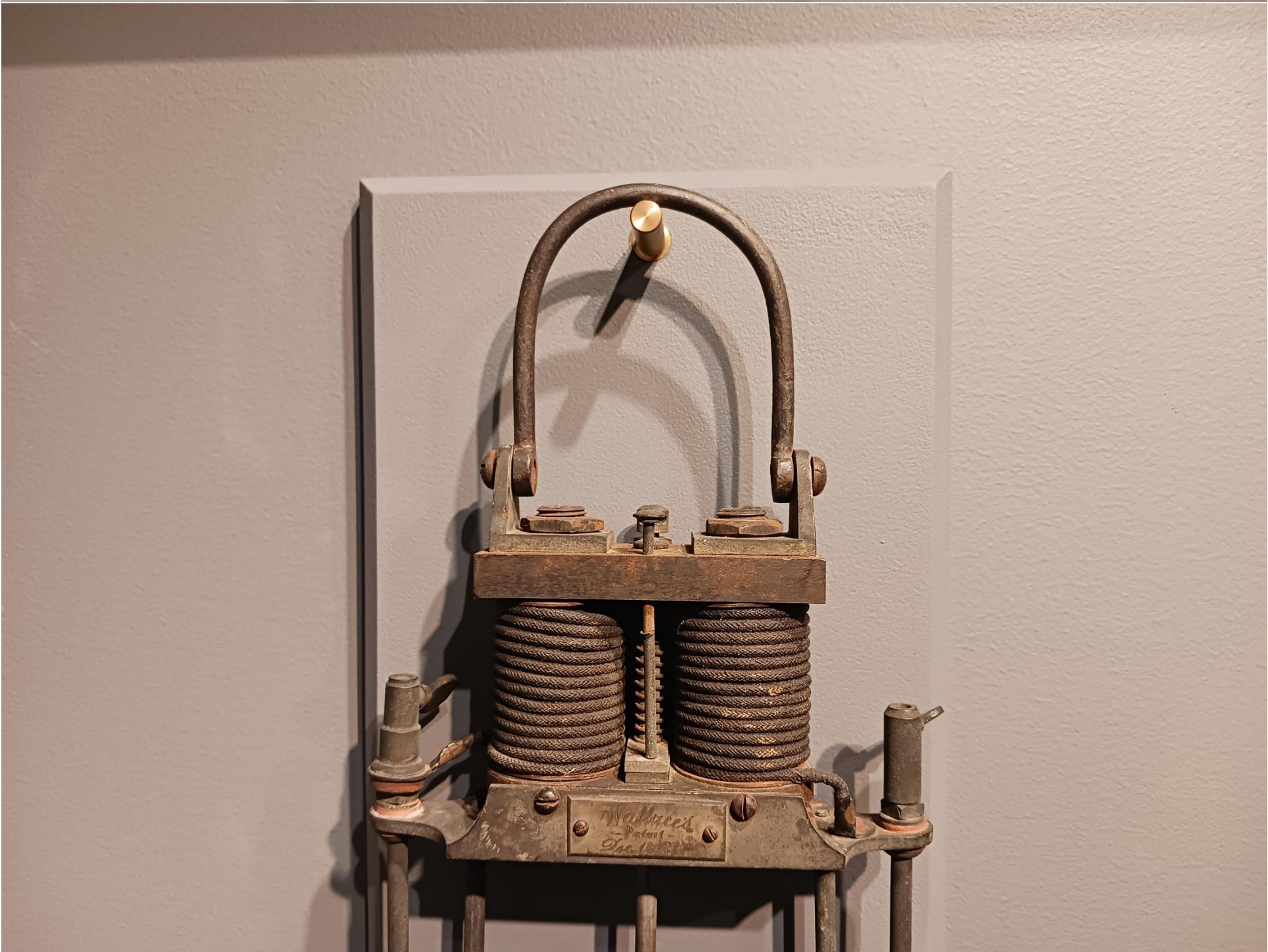
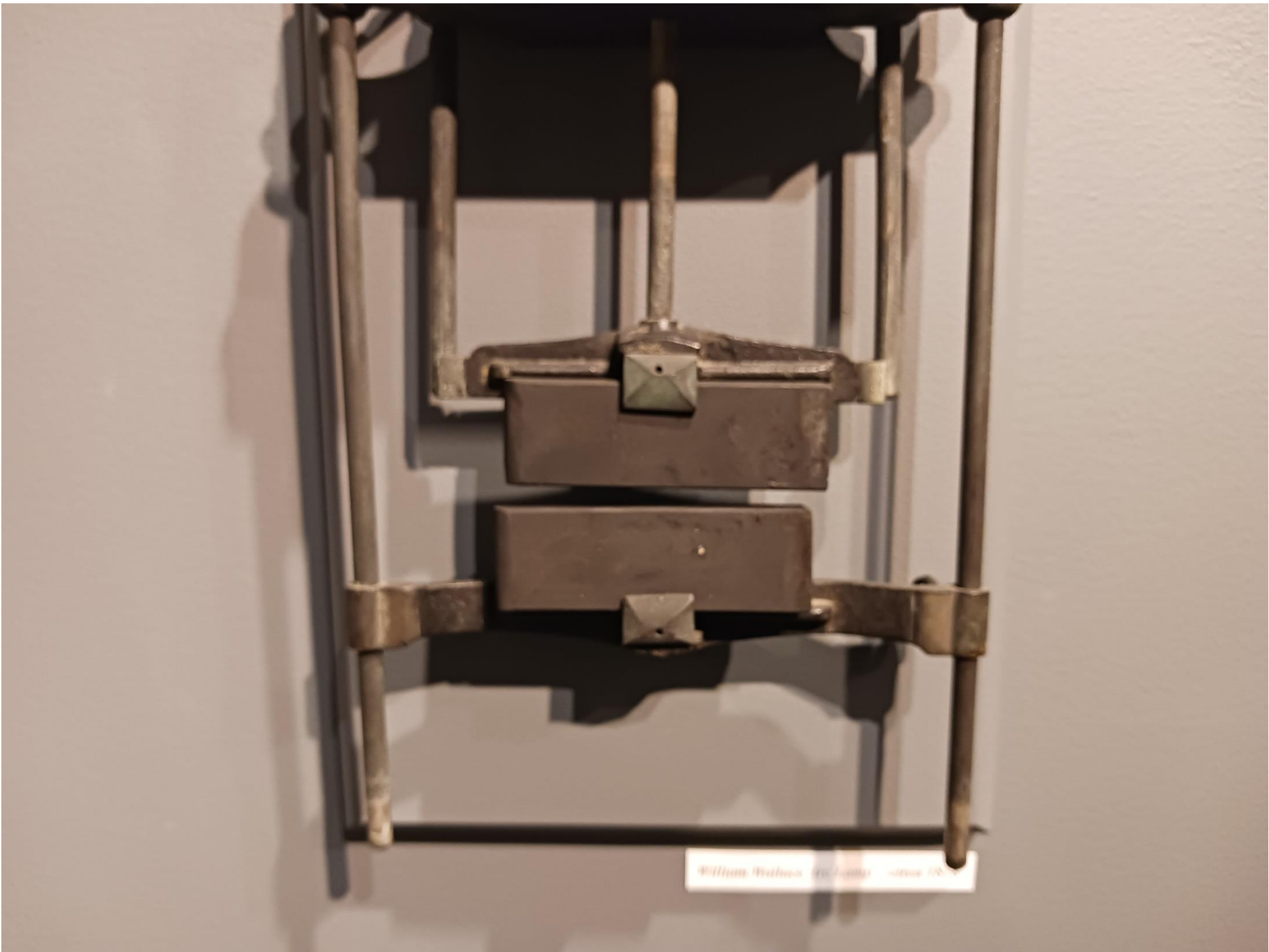




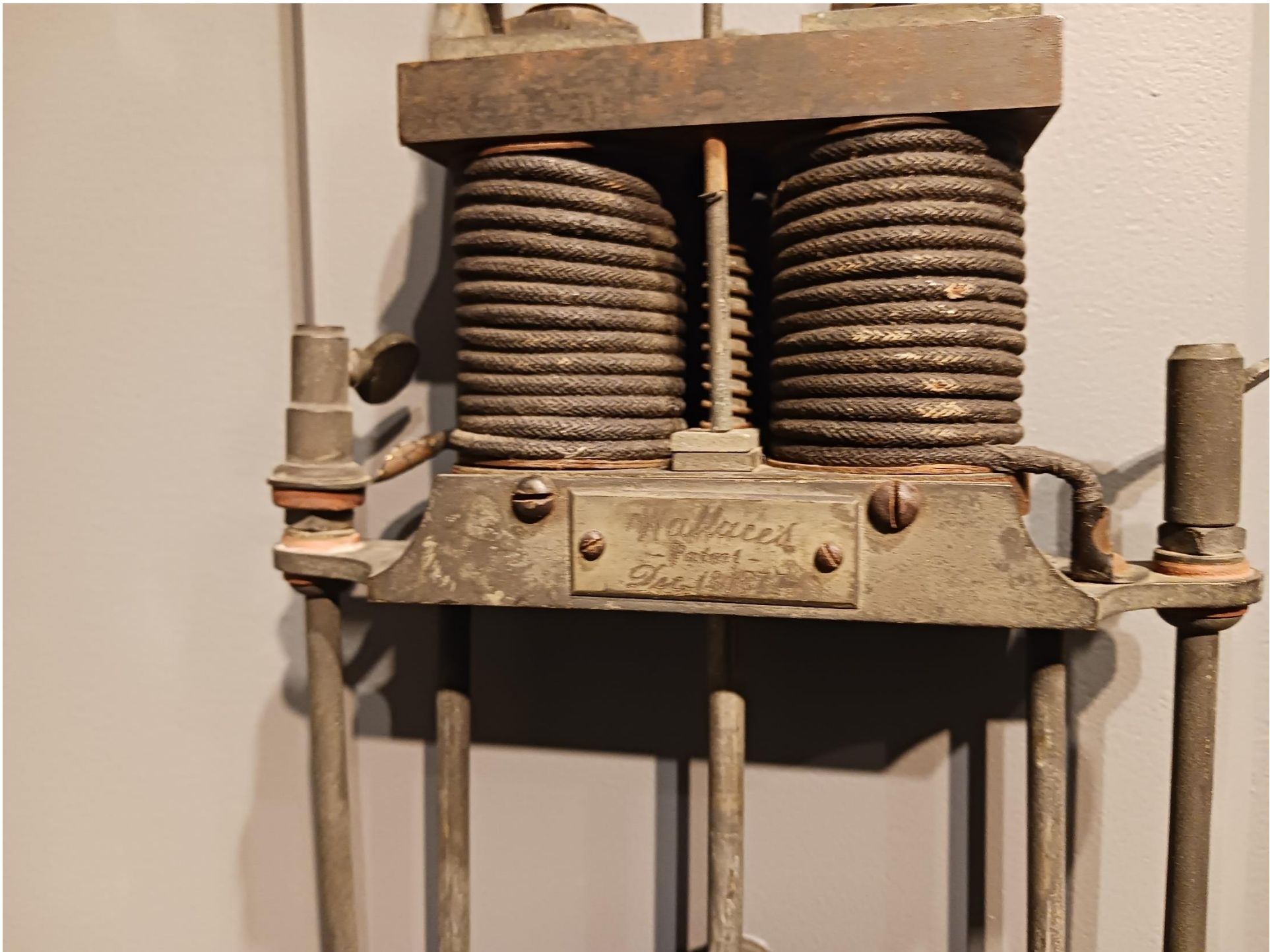


William Wallace Arc Lamp ~ circa 1878

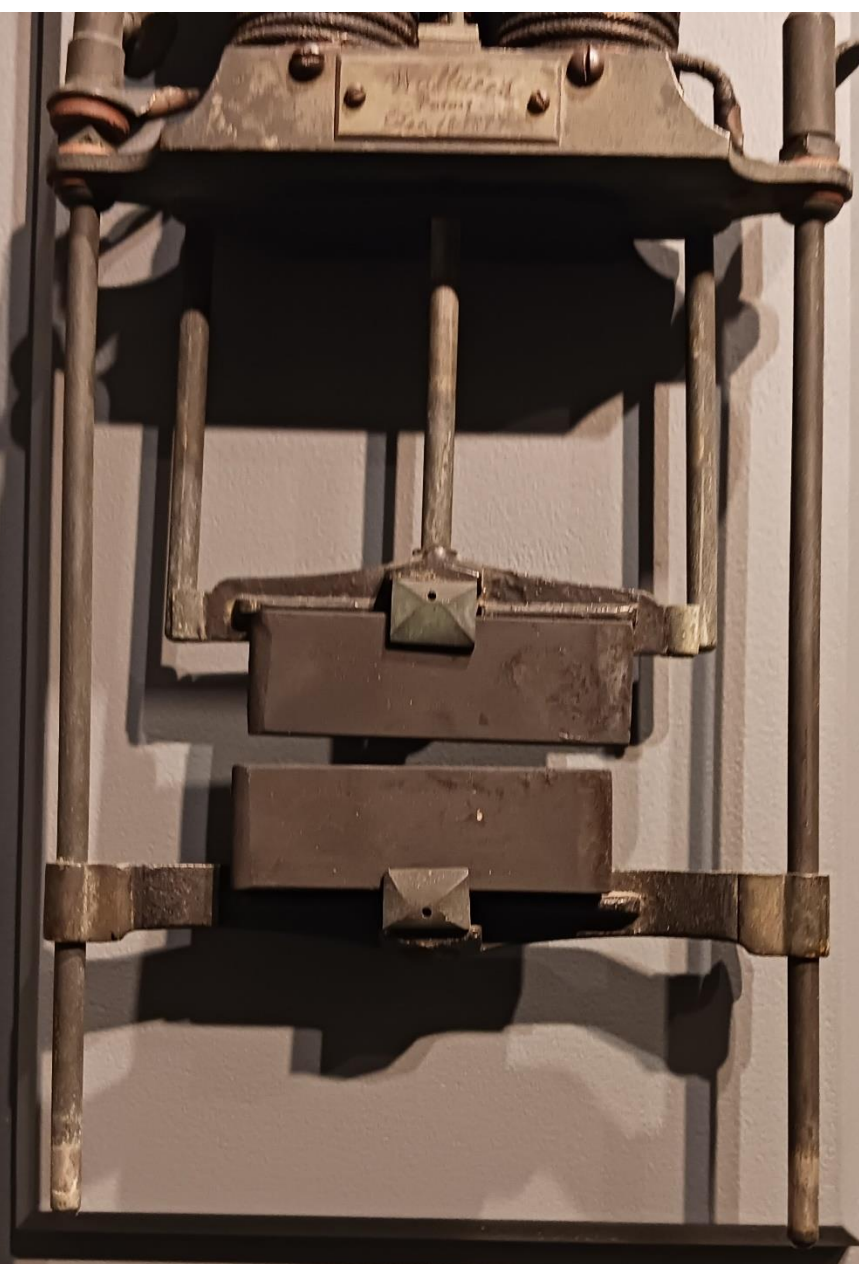












William Wallace Arc Lamp – circa 1878

